الفصـــــــل الأول
الدعـــامـــة و الحـــركـــــة

أولا : الدعامة في النبات

يحتوي النبات على وسائل و أجهزة دعامية تدعمه و تحافظ على شكله و تقيه .

ما أهمية الدعامة في النبات ؟

أنواع الدعامة في النبات

دعامة فسيولوجية	دعامة تركيبية
* تتناول الخلية نفسها ككل .	* تتناول جدر الخلية أو أجزاء منها .
* تنشأ كالآتي :	* تنشأ كالآتي :
– تنشأ من انتفاخ الخلايا نتيجة دخول الماء إلى الفجوة العصارية بالخاصية الأسموزية .	تترسب مواد صلبة قوية كالسليلوز أو اللجنين على جدر الخلية أو أجزاء منها و قد تتجاوز ذلك لتشمل موقع انتشارها (**علل**) و ذلك بهدف :
– يزداد حجم العصير الخلوي فيزيد ضغطه فيضغط على البروتوبلازم ويدفعه للخارج نحو الجدار فيتمدد لزيادة الضغط عليه . وبذلك تنتفخ الخلية و تصبح ذات جدار متوتر و من ثم تكتسب الدعامة .	– أن تتحمل خلايا النبات الخارجية مسئولية الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية .
* **أمثلة :**	– منع فقد الماء من خلالها .
١ – إذا وضعت بعض ثمار الفاكهة المنكمشة أو الضامرة في الماء فإنها بعد فترة تكبر في الحجم (**علل**) نتيجة لامتصاصها الماء بالخاصية الأسموزية.	– إكساب الخلايا الصلابة و القوة (تدعيم النبات)
٢ – إذا تركت بعض البذور الغضة كالبسلة أو الفول لمدة فإنها تنكمش و تضمر و يزول انتفاخها (**علل**) لفقد خلاياها للماء و بالتالي يزول عنها انتفاخها و توترها .	* **أمثلة :**
٣ – ذبول سوق و أوراق النباتات العشبية عندما تعاني من جفاف التربة (**علل**) لفقد خلاياها للماء و بالتالي يزول عنها انتفاخها و توترها .	**١– زيادة سمك جدر خلايا البشرة خاصةً الخارجية منها**
فإذا ما رويت التربة استعادت استقامتها (**علل**) نتيجة لانتفاخ خلايا أنسجتها الداخلية نتيجة دخول الماء إلى فجوتها العصارية بالخاصية الأسموزية .	٢– ترسيب مادة الكيوتين غير المنفذة للماء .
	٣– يحيط النبات نفسه بطبقة من خلايا فلينية غير منفذة للماء مرسب فيها مادة السيوبرين .
	٤– ترسيب مادة السليلوز أو اللجنين على جدر الخلايا أو في أجزاء منها ليكسبها صلابة وقوة.
	مثل :
	– الخلايا الكولنشيمية
	– الخلايا الإسكلرنشيمية (الألياف والخلايا الحجرية) .
	لاحظ :
	موقع هذه الخلايا وأماكن تواجدها يدعم النبات .

علل : الدعامة الفسيولوجية دعامة مؤقتة و الدعامة التركيبية دعامة دائمة .

الدعامة الفسيولوجية دعامة مؤقتة لأنها تعتمد على امتلاء الخلية بالماء و عند فقد الماء تضعف أو تزول هذه الدعامة أي أنها تتأثر بالجفاف .

الدعامة التركيبية دعامة دائمة لأنها تعتمد على ترسيب مواد صلبة كالسليلوز و اللجنين في جدر الخلايا أو أجزاء منها و بالتالي تدخل ضمن التركيب الأساسي للنبات و لا تتأثر بالجفاف.

ثانياً : الدعامة في الإنسان

يتكون الجهاز الهيكلي من الهيكل العظمي و الغضاريف و المفاصل و الأربطة و الأوتار .

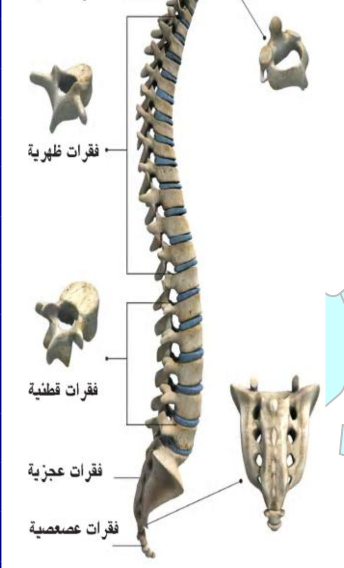
أولاً : الهيكل العظمي :

يتكون الهيكل العظمي من ٢٠٦ عظمة و لكل عظمة شكل و حجم يناسبان الوظيفة التي تقوم بها .

أ) الهيكل المحوري

يتكون من :

(١) العمود الفقري



* يعد العمود الفقري محور الهيكل العظمي (**علل**) حيث يتصل طرفه العلوي بالجمجمة ، و يتصل به في منطقة الصدر القفص الصدري و الطرفان العلويان بواسطة عظام الكتف (الحزام الصدري) ، و يتصل به الطرفان السفليان من أسفل بواسطة عظام الحوض (الحزام الحوضي) .

- يتكون من **٣٣** فقرة تقسم إلى خمس مجموعات و تختلف في الشكل (**علل**) تبعاً لمنطقة وجودها . و هي:

أ- **٧ فقرات عنقية متمفصلة :** متوسطة الحجم .

ب- **١٢ فقرة ظهرية متمفصلة :** أكبر حجماً من الفقرات العنقية

ج- **٥ فقرات قطنية متمفصلة :** أكبر الفقرات حجمًا وتواجه تجويف البطن .

د- **٥ فقرات عجزية :** عريضة ومفلطحة وملتحمة معًا .

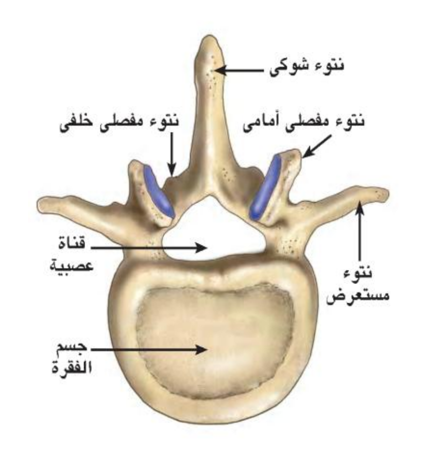
ه- **٤ فقرات عصعصية :** صغيرة الحجم وملتحمة معًا .

أهمية العمود الفقاري :

١ – يعمل كدعامة رئيسية للجسم .

٢ – حماية الحبل الشوكي .

٣ – يساعد في حركة الرأس و النصف العلوي من الجسم .



تركيب الفقرة : تتكون الفقرة من :

– **جسم الفقرة :** جزء أمامي سميك .

– **النتوءان المستعرضان :** زائدتان عظميتان تتصلان بجسم الفقرة من الجانبين .

– **الحلقة الشوكية :** حلقة عظمية تتصل بجسم الفقرة من الخلف و تحيط بقناة عصبية (**علل**) يمتد من خلالها الحبل الشوكي لحمايته .

– **النتوء الشوكي :** زائدة خلفية مائلة لأسفل تحملها الحلقة الشوكية .

– **نتوءان مفصليان أماميان و نتوءان خلفيان** .

(٢) الجمجمة

– علبة عظمية تتكون من جزأين ، هما :

أ– **جزء خلفي (الجزء المخي)** : يتكون من ٨ عظام تتصل ببعضها عند أطرافها المسننة اتصالاً متينًا و تشكل هذه العظام تجويفًا يستقر فيه المخ لحمايته .

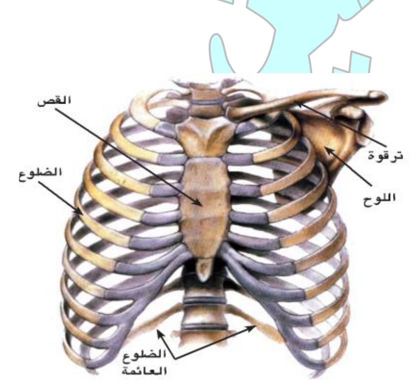
يوجد في قاع الجزء المخي من الجمجمة ثقب كبير (**علل**) يتصل من خلاله المخ بالحبل الشوكي .

ب– **جزء أمامي (الجزء الوجهي – الجبهي)** : يشمل عظام الوجه والفكين ومواضع أعضاء الحس (الأذنين– العينين– الأنف) .

(٣) القفص الصدري

* علبة مخروطية الشكل تقريبًا تتصل :

- من الخلف بالفقرات الظهرية (١٢ فقرة) .
- من الأمام بالقص .



عظمة القص : عظمة مفلطحة ومدببة من أسفل وجزؤها السفلى غضروفي .

* يتكون القفص الصدري من اثني عشر زوجًا من الضلوع .

- **يتصل بعظمة القص ١٠ أزواج من الضلوع ، و زوجان قصيران لا يتصلان بالقص وتسمى " الضلوع العائمة "**

- الضلوع العائمة تتصل بالفقرتين الظهريتين ١٨ ، ١٩ من العمود الفقاري .

الضلع : عظمة مقوسة تنحني إلى أسفل وتتصل من الخلف بجسم الفقرة ونتوئها المستعرض .

أهمية القفص الصدري :

١- يعمل القفص الصدري على حماية القلب و الرئتين .

٢- تساعد حركة الضلوع في عملية التنفس (**فسر**) حيث تتحرك الضلوع إلى الأمام والجانبين (**علل**) لتزيد من اتساع التجويف الصدري أثناء الشهيق (والعكس في الزفير) .

ب) الهيكل الطرفي

يتكون من :

(١) الحزام الصدري والطرفين العلويين

- يتركب الحزام الصدري من نصفين متماثلين .
- **يتركب كل نصف من :**
- **لوح الكتف** : عظمة ظهرية مثلثة الشكل طرفها الداخلي عريض والخارجي مدبب به نتوء تتصل به **الترقوة** .

الترقوة : عظمة باطنية رفيعة .

- يوجد عند الطرف الخارجي لعظمة لوح الكتف **التجويف الأروح** (يستقر فيه رأس عظمة العضد مكوناً المفصل الكتفي) .
- **يتكون الطرف العلوي من :**

١ - **العضد .**

٢ - **الساعد : عظمتان هما الزند و الكعبرة (الكعبرة أصغر حجمًا و تتحرك حركة نصف دائرية حول الزند الثابت)**

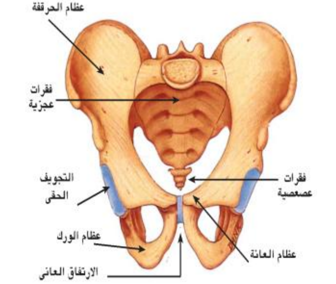
- **يوجد بالطرف العلوي للزند تجويف (علل) يستقر فيه النتوء الداخلي للعضد .**

٣ - **عظام اليد : و تتكون من :**

- **رسغ اليد : يتكون من (٨) عظام في صفين ، يتصل طرفها العلوي بالطرف السفلي للكعبرة ، ويتصل طرفها السفلي بعظام راحة اليد .**
- **راحة اليد : (٥) أمشاط رفيعة مستطيلة تؤدي إلى عظام الأصابع الخمسة**
- **أصابع اليد : ٥ أصابع يتكون كل منها من ٣ سلاميات رفيعة عدا الإبهام فيتكون من سلاميتين فقط .**

(٢) الحزام الحوضي والطرفان السفليان

– يتركب الحزام الحوضي من نصفين متماثلين يلتحمان في الناحية الباطنية في منطقة تسمى الارتفاق العاني



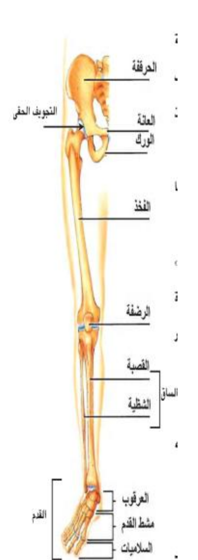
– **يتكون كل نصف من :**

– **الحرقفة الظهرية :** عظمة ظهرية تتصل من الناحية الأمامية الباطنية بعظمة **العانة** ومن الناحية الخلفية الباطنية بعظمة **الورك** .

– عند موضع اتصال عظام الحرقفة و الورك و العانة يوجد تجويف عميق يسمى **التجويف الحقي** (**علل**) تستقر فيه رأس عظمة الفخذ ليكون مفصل الفخذ .

– تلتحم عظام كل نصف ببعضها مكونة عظمة واحدة ، وبالتالي يتكون الحزام الحوضي من عظمتين .

* **يتكون الطرف السفلي من :**



١ – **عظمة الفخذ :** يوجد بأسفلها نتوءان كبيران يتصلان بالساق عند مفصل الركبة .

٢ – **الرَضفَة :** عظمة صغيرة مستديرة توجد أمام مفصل الركبة .

٣ – **السّاق : تتكون الساق من عظمتين الداخلية تسمى القصبة والخارجية تسمى الشظية**

٤ – **عظام القدم : و تتكون من :**

– **رسغ القدم :** يتكون من (٧) عظام أكبرها هي العظمة الخلفية و تكون كعب القدم .

– **مشط القدم :** يتكون من (٥) أمشاط رفيعة وطويلة و ينتهي كل منها بالأصبع

– **أصابع القدم :** ٥ أصابع يتكون كل منها من (٣) سلاميات رفيعة عدا الإبهام يتكون من سلاميتين فقط .

ثانياً : الغضاريف

* **الغضاريف :** نوع من الأنسجة الضامة ، تتكون من خلايا غضروفية .

* **مكانها في الجسم :**

– توجد غالبًا عند أطراف العظام و خاصة عند المفاصل .

– توجد بين فقرات العمود الفقاري .

– تشكل بعض أجزاء الجسم مثل الأذن و الأنف و الشعب الهوائية للرئتين .

* **أهميتها :** حماية العظام من التآكل نتيجة احتكاكها المستمر .

كيفية حصولها على الغذاء :

– لا تحتوي على أوعية دموية لذا تحصل على الغذاء و الأكسجين من خلايا العظام بالانتشار .

ثالثًا : المفاصل

يوجد ثلاثة أنواع من المفاصل :

١ – المفاصل الليفية　　　٢ – المفاصل الغضروفية　　　٣ – المفاصل الزلالية

١ - المفاصل الليفية

– تلتحم العظام عند هذه المفاصل بواسطة أنسجة ليفية ، و مع تقدم العمر يتحول النسيج الليفي إلى نسيج عظمي .

– معظمها لا يسمح بالحركة .

– مثال : المفاصل التي تربط عظام الجمجمة ببعضها من خلال أطرافها المسننة .

٢ - المفاصل الغضروفية



– مفاصل تربط بين نهايات العظام المتجاورة .

– معظمها يسمح بحركة محدودة جدًا .

– مثال : المفاصل التي توجد بين فقرات العمود الفقاري .

٣ - المفاصل الزلالية

– تشكل معظم مفاصل الجسم .

– هي من المفاصل المرنة التي تتحمل الصدمات .

– تسمح بسهولة الحركة (**علل**) حيث :

- يغطى سطح العظام المتلاصقة في المفاصل بطبقة من مادة غضروفية شفافة و ملساء مما يسمح بحركة العظام بسهولة و بأقل احتكاك .
- تحتوي على هذه المفاصل على سائل مصلي أو زلالي (**علل**) يسهل من انزلاق الغضاريف التي تكسو أطراف العظام .

أنواعها :

– **المفاصل محدودة الحركة** : تسمح بحركة أحد العظام في اتجاه واحد **مثل مفصل الكوع** و **الركبة** .

– **المفاصل واسعة الحركة** : تسمح بحركة العظام في اتجاهات مختلفة **مثل مفصل الكتف** و**مفصل الفخذ**.

رابعًا : الأربطة

– حزم منفصلة من النسيج الضام الليفي ، تثبت أطرافها على عظمتي المفصل .

– **أهميتها :**

١ – تعمل على ربط العظام ببعضها عند المفاصل .

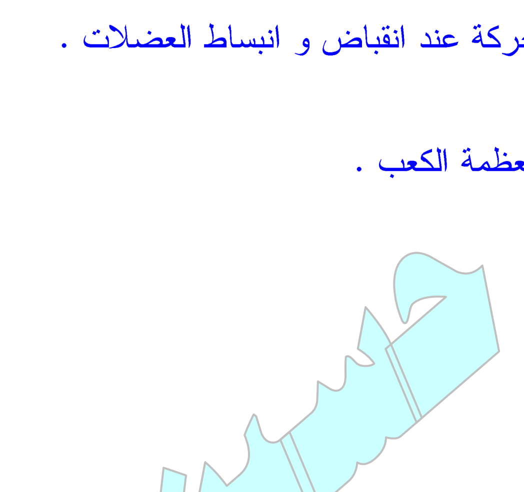
٢ – تحديد حركة العظام في الاتجاهات المختلفة .

الملائمة الوظيفية لها :

- تتميز ألياف الأربطة بمتانتها القوية و بوجود درجة من المرونة **(علل)** تسمح بزيادة طولها قليلا حتى لا تنقطع في حالة تعرض المفصل لضغط خارجي .

لاحظ :

- في بعض الحالات قد يحدث تمزق للأربطة عند حدوث التواء في بعض المفاصل كما في الرباط الصليبي في مفصل الركبة .



- عدد الأربطة في مفصل الركبة ٤ .
- عدد الأربطة التي تربط الفخذ بالقصبة ٣ .
- عدد الأربطة الصليبية ٢ .
- عدد الأربطة التي تربط الفخذ بالشظية ١ .



خامساً : الأوتار

- نسيج ضام قوي .
- **أهميتها :**

تعمل على ربط العضلات بالعظام عند المفاصل بما يسمح بالحركة عند انقباض و انبساط العضلات .

- **مثال :**

وتر أخيل الذي يربط العضلة التوأمية (عضلة بطن الساق) بعظمة الكعب .

حالة تمزق وتر أخيل :

- **الأسباب :**
  - بذل مجهود عنيف .
  - تقلص العضلة التوأمية بشكل مفاجئ .
  - انعدام المرونة في العضلة التوأمية .
- **الأعراض :**
  - عدم القدرة على المشي .
  - ثقل في حركة القدم .
  - آلام حادة .
- **العلاج :**
  - استخدام الأدوية المضادة للالتهابات و المسكنة للآلام .
  - استخدام جبيرة طبية .
  - التدخل الجراحي إذا كان تمزق الوتر كاملاً .



الحركة في الكائنات الحية

الحركة : ظاهرة تميز جميع الكائنات الحية وتنشأ الحركة ذاتيًا نتيجة لإثارة الكائن الحي فعندما يتعرض لإثارة ما فإنه يستجيب لها إيجابًا أو سلبًا و في كلتا الحالتين تكون الاستجابة حركة .

أنواع الحركة في الكائنات الحية :

١- **حركة دائبة :** تحدث داخل كل خلية من خلايا الكائن الحي تسير نشاطاته الحيوية كالحركة السيتوبلازمية .

٢- **حركة موضعية :** لبعض أجزاء جسم الكائن الحي مثل الحركة الدودية في أمعاء الفقاريات .

٣- **حركة كلية :** يتحرك بها الكائن الحي من مكان إلى آخر (**علل**) بحثًا عن الغذاء أو سعيًا وراء الجنس الآخر أو تلافيًا لخطر في بيئته .

- تؤدي الحركة في الحيوان لزيادة انتشاره ، وكلما كانت وسائل الحركة في الحيوان قوية وسريعة اتسعت دائرة انتشاره .

شروط حفظ التوازن و الحركة :

١ - وجود هيكل صلب (دعامة) تتصل به العضلات .

و قد يكون الهيكل :

* **خارجي** (كما في المفصليات)

* **داخلي** (كما في الفقاريات) . و يكون الهيكل الداخلي :

- **غضروفي** : كما في الأسماك الغضروفية . - **عظمي** : كما في الأسماك العظمية .

٢ - أن يتكون الهيكل من قطع تتصل ببعضها اتصالاً مفصليًا يتيح الحركة .

أولاً : الحركة في النبات

أ - **الحركة عن طريق اللمس** : عند لمس وريقة نبات المستحية تتدلى كما لو كان أصابها الذبول .

ب- **حركة النوم** : تتقارب وريقات بعض النباتات (نبات المستحية - بعض البقوليات) إذا ما أقبل الليل و بتوالي النور و الظلام تنشأ في الوريقات حركة انبساط و حركة تقارب أي حركة يقظة و نوم لذا تسمى بحركة النوم .

ج- **حركة الانتحاء** : (في جميع النباتات) استجابات مختلف أجزاء النبات بتأثير الضوء و الرطوبة و الجاذبية .

د- حركة الشد :

١- حركة الشد في محاليق النباتات المتسلقة : مثال نبات البازلاء .

التفسير :

- يبدأ الحالق عمله بأن يدور في الهواء حتى يلمس جسمًا صلبًا .
- بمجرد اللمس يلتف الحالق حول هذا الجسم الصلب و يوثق اتصاله به .
- ثم يتموج ما بقي من أجزاء الحالق في حركة لولبية فينقص طوله و بذلك يقترب الساق نحو الدعامة أي يشدها نحو الدعامة فيستقيم الساق رأسيًا .
- يتغلظ الحالق (**فسر**) بما يتكون فيه من أنسجة دعامية فيقوى ويشتد .

لاحظ :

- سبب حركة المحالق حول الدعامة هو بطء نمو المنطقة التي تلامس الدعامة وزيادة نمو المنطقة التي لا تلامس الدعامة فتستطيل مما يؤدي إلى التفاف الحالق حول الدعامة .
- إذا لم يجد الحالق في حركته الدورانية ما يلتصق به فإنه يذبل ويموت .

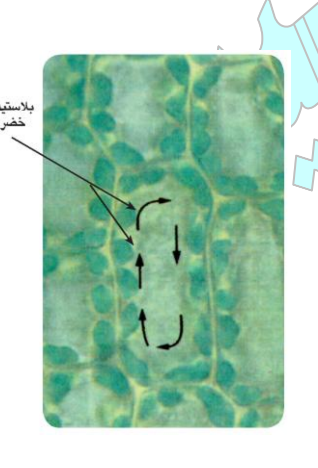
حركة الشد في الجذور لأبصال النرجس

٢- حركة الشد في الكورمات و الأبصال : كما في أبصال النرجس

* توجد الجذور الشادة أسفل الكورمات والأبصال .
* عندما تتقلص هذه الجذور فإنها تشد النبات إلى أسفل فتهبط بالكورمة أو البصلة إلى المستوى الطبيعي الملائم .
* بفضل هذه الجذور تظل الساق الأرضية المختزنة دائمًا على بعد ملائم من سطح الأرض مما يزيد من تدعيمها و تأمين أجزائها الهوائية ضد الرياح .

هـ- الحركة الدورانية السيتوبلازمية :

* من أهم خصائص السيتوبلازم الحي أنه يتحرك في دوران مستمر داخل الخلية .
* إذا فحصنا خلية ورقة نبات الإيلوديا (نبات مائي) تحت القوة الكبيرة للمجهر **يلاحظ :**



- أن السيتوبلازم يبطن الجدار من الداخل بطبقة رقيقة .
- و أن السيتوبلازم ينساب في حركة دورانية داخل الخلية في اتجاه واحد .
- يستدل على هذه الحركة بدوران البلاستيدات الخضراء المنغمسة في السيتوبلازم محمولة في تياره

ثانياً : الحركة في الإنسان

- تعتمد الحركة على ثلاثة أجهزة هي :

أ- **الجهاز الهيكلي** : يشكل مكان اتصال مناسب للعضلات و يعمل كدعامة للأطراف المتحركة لذا فالمفاصل لها دور مهم في حركة أجزاء الجسم المختلفة.

ب- **الجهاز العصبي** : يعطي الأوامر في شكل سيالات عصبية للعضلات لكي تنقبض أو تنبسط .

ج- **الجهاز العضلي** : **هو المسئول عن الحركة إذ أن انقباض و انبساط بعض العضلات يُحدث حركة الأطراف .**

يشمل :

١- العضلات الإرادية (الهيكلية أو المخططة) التي يسيطر عليها الجسم وهي معظم عضلات الجسم .

٢- العضلات اللاإرادية التي لا يستطيع الإنسان التحكم فيها كالعضلات الملساء وعضلة القلب .

علل : لا يوجد جهاز حركي في الإنسان .

الجهاز العضلي

* مجموع عضلات الجسم التي بواسطتها يمكن تحريك أجزاء الجسم المختلفة.

* يتركب الجهاز العضلي من وحدات تركيبية تسمى **العضلات** .

العضلات (**تعرف عادةً باللحم**) : هي مجموعة من الأنسجة العضلية تساعد الجسم على القيام بحركاته الميكانيكية والتنقل من مكان لآخر، ويقدر عدد العضلات بحوالي٦٢٠ عضلة أو أكثر .

خصائص العضلات :

١ - خيطية الشكل بوجه عام .

٢ - لها القدرة على الانقباض و الانبساط .

و الانقباض العضلي ضروري لتأدية النشاطات و الوظائف التالية :

وظائف العضلات :

١- الحركة (تغير وضع عضو معين بالنسبة لبقية الجسم) .

٢- الانتقال من مكان إلى مكان آخر .

٣- استمرار تحرك الدم في الأوعية الدموية والمحافظة على ضغط الدم داخل الأوعية الدموية (**فسر**) عن طريق انقباض العضلات الملساء (اللاإرادية) الموجودة في جدران الأوعية الدموية .

٤- المحافظة على وضع الجسم في الجلوس أو الوقوف وذلك بفضل عضلات الرقبة والجذع والأطراف السفلية .

تركيب العضلة الهيكلية :

أ- تتركب العضلة الهيكلية من ألياف (خلايا) عضلية (خيوط رفيعة متماسكة مع بعضها) .

ب- توجد الألياف العضلية في مجموعات تسمى الحزم العضلية وتحاط بغشاء يعرف بغشاء الحزمة .

تتكون الليفة العضلية من :

١ - البروتوبلازم (المادة الحية) ويشمل :

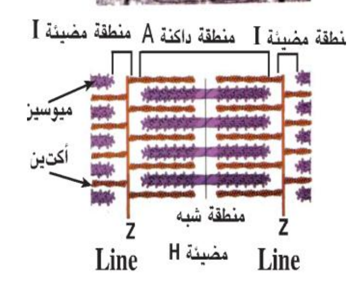
- السيتوبلازم (الذي يعرف في العضلات **بالساركوبلازم**) .
- عدد كبير من الأنوية .

٢ - غشاء خلوي الذي يحيط بالساركوبلازم يعرف **بالساركوليما** .

ج - كل ليفة (خلية) عضلية تحتوي على مجموعة من لييفات (عددها ١٠٠٠ إلى ٢٠٠٠ لييفة مرتبة طوليًا وموازية للمحور الطولي للعضلة)

د- **كل لييفة عضلية تتكون من :**





١- مجموعة من **الأقراص** (**المناطق**) **المضيئة** يرمز لها بالرمز (**I**) يقطعها في منتصفها **خط داكن** يرمز له بالرمز (**Z**) وتتكون هذه الأقراص المضيئة من خيوط بروتينية رفيعة تسمى **الأكتين** .

٢- مجموعة من **الأقراص** (**المناطق**) **الداكنة** يرمز لها بالرمز (**A**) وتتكون من خيوط بروتينية رفيعة تسمى **الأكتين** وخيوط بروتينية سميكة تسمى **الميوسين** .

٣- في منصف كل منطقة من الأقراص الداكنة توجد **منطقة شبه مضيئة** يرمز لها بالرمز (**H**) وتتكون من خيوط بروتينية سميكة تسمى **الميوسين** .

- المسافة بين كل خطين متتاليين (**Z**) الموجودة في منتصف المناطق المضيئة تعرف **بالقطعة العضلية** (**الساركومير**) .

* المناطق الداكنة و المناطق المضيئة توجد فقط في العضلات الهيكلية والعضلات القلبية لذا تسمى **العضلات المخططة** (**علل**) ولا توجد هذه المناطق في العضلات الملساء لذا تسمى **العضلات غير المخططة** (**علل**) .

الانقباض العضلي

* العضلات هي المسئولة عن الحركات المختلفة للجسم (**علل**) لأنها تمتاز بقدرتها على الانقباض و الانبساط .

* **كيفية انتقال السيال العصبي إلى العضلة الهيكلية :**

١- في العضلات الهيكلية الإرادية : السطح الخارجي لغشاء الليفة العضلية مشحون بشحنة موجبة بينما يحمل السطح الداخلي لغشاء الليفة العضلية شحنة سالبة، ينشأ عن ذلك فرق في الجهد نتيجة الفرق في تركيز الأيونات بين خارج وداخل غشاء الليفة العضلية.

٢-المؤثر الذي يسبب انقباض العضلة الإرادية **هو وصول السيالات العصبية** عن طريق الخلايا العصبية الحركية الآتية من المخ و الحبل الشوكي و التي تتصل نهاياتها العصبية اتصالاً محكماً بالليفة العضلية مكونةً **تشابك عصبي – عضلي** .

٣-تحتوي النهايات العصبية للخلايا العصبية على حويصلات بها بعض المواد الكيميائية تعرف **بالنواقل العصبية** مثل **الأستيل كولين** .

٤-عند وصول السيال العصبي إلى هذه الحويصلات، تقوم **أيونات الكالسيوم** بتحرير النواقل العصبية (**الأستيل كولين**) من حويصلات التشابك .

٥-تسبح النواقل العصبية في الفراغ الموجود بين النهايات العصبية و غشاء الليفة العضلية حتى تصل إلى سطح الليفة العضلية الإرادية مسببةً تلاشي فرق الجهد على غشاء الليفة العضلية وانعكاسه (إزالة الاستقطاب) ويصبح السطح الخارجي لغشاء الليفة العضلية سالبًا ، والسطح الداخلي موجبًا ويرجع ذلك لزيادة نفاذية غشاء الخلية **لأيونات الصوديوم** فتدخل بسرعة إلى داخل غشاء الليفة العضلية مسببة انقباض العضلة و عندئذ يوصف غشاء الليفة العضلية بحالة **اللااستقطاب** .

٦-فرق الجهد على غشاء الليفة العضلية يعود إلى وضعه الطبيعي بعد جزء من الثانية و ذلك بفعل عمل **إنزيم الكولين استيريز** و هو إنزيم متوفر في نقاط الاتصال العصبي العضلي (**علل**) و الذي يعمل على تحطيم مادة الأستيل كولين ويحولها إلى كولين وحمض خليك و بالتالي يبطل عمله و تعود نفاذية غشاء الليفة العضلية إلى وضعها الطبيعي في حالة الراحة (قبل استقبال السيال العصبي) و تكون مهيأة للاستجابة للحفز مرةً أخرى .

آلية انقباض العضلة (نظرية الخيوط المنزلقة)

* ظهرت عدة فروض لتفسير انقباض العضلات و تعتبر فرضية الخيوط المنزلقة (نظرية الانزلاق) التي اقترحها **هكسلي** أشهر هذه الفروض (**علل**) لأنها :

– تعتمد على التركيب المجهري الدقيق لألياف العضلات ، حيث أن كل ليفة عضلية تتكون من مجموعة لييفات و كل لييفة تتكون من مجموعتين من الخيوط البروتينية هما الأولى خيوط رفيعة أكتينية و الثانية غليظة ميوسينية .

– حيث قارن هكسلي باستخدام المجهر الالكتروني بين ليفة عضلية في حالة انقباض بأخرى في حالة الراحة

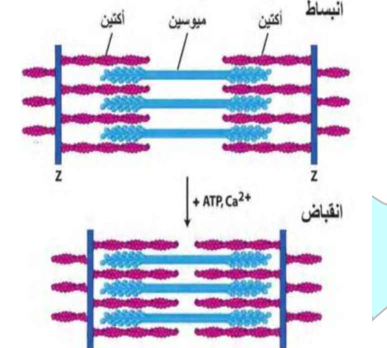
استنتج أن :

في حالة الانقباض :

* الخيوط البروتينية المكونة للألياف العضلية تنزلق الواحدة فوق الأخرى مما يسبب انقباض أو تقلص العضلة ، عن طريق وجود روابط مستعرضة تمتد من خيوط الميوسين لكي تتصل بخيوط الأكتين . هذه الروابط تتكون بمساعدة أيونات الكالسيوم .

* يحدث الانقباض العضلي عندما تعمل الروابط المستعرضة كخطاطيف تسحب بمساعدة الطاقة المخزنة في جزيئات ATP (المخزون المباشر للطاقة في العضلة) المجموعات المتجاورة من خيوط الأكتين باتجاه بعضها البعض فينتج عنه انقباض الليفة العضلية.

* تتقارب خطوط (Z) من بعضها أثناء الانقباض و هكذا تنقبض العضلة .



في حالة الانبساط (عند زوال المنبه) :

– تبتعد الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتنبسط العضلة و تتباعد خطوط (Z) عن بعضها و تعود القطع العضلية إلى طولها الأساسي .

لاحظ :

تحتاج عمليتا اتصال الروابط المستعرضة بخيوط الأكتين أثناء الانقباض و انفصالها عن خيوط الأكتين عند الانبساط إلى الطاقة المخزنة في جزيئات ATP .

التغيرات التي تطرأ على اللييفة العضلية أثناء الانقباض العضلي :

* يقل طول المنطقة المضيئة نتيجة تقارب خيوط الأكتين من بعضها البعض .
* يقل أو ينعدم طول المنطقة شبه المضيئة و ذلك حسب قوة الانقباض .
* يقل طول القطعة العضلية نتيجة تقارب خيوط Z من بعضها .
* يبقى طول القطعة الداكنة كما هو .

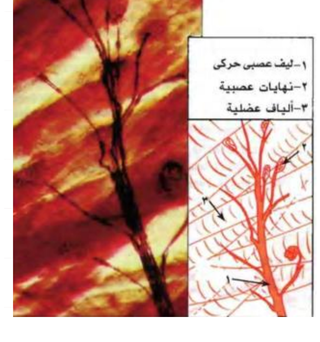
قصور نظرية الانزلاق :

-رغم أن هذه النظرية تفسر انقباض العضلات الهيكلية (المخططة) إلا أنها لم تستطع أن تفسر آلية انقباض العضلات الملساء رغم وجود بعض التقارير العلمية التي تشير إلى أن الخيوط البروتينية في ألياف العضلات الملساء تتكون من نوع يشبه إلى حد كبير الخيوط الأكتينية في العضلات الهيكلية .

الوحدة الحركية

* هي الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية .

* لكي نتعرف على المظاهر الميكانيكية لعملية الانقباض العضلي لابد أن نتعرف على الوحدة الحركية (**علل**) لأن انقباض العضلات ما هو إلا محصلة انقباض جميع الوحدات الحركية المؤلفة للعضلة .



تركيب الوحدة الحركية:

* تتكون من مجموعة من الألياف العضلية (حزمة عضلية) والخلية العصبية التي تغذيها .

– عند دخول الليف العصبي الحركي إلى العضلة فإنه يتفرع إلى عدد كبير من الفروع العصبية .

– كل ليف عصبي حركي يغذي عددًا من الألياف العضلية (حزمة عضلية) يتراوح ما بين (٥ – ١٠٠) ليف عضلي بواسطة تفرعاته النهائية التي يتصل الواحد منها بالصفائح النهائية الحركية لليفة العضلية .

– يعرف مكان اتصال التفرعات النهائية لكل ليف عصبي بالصفائح النهائية الحركية لليفة العضلية **بالوصلة العصبية العضلية .**

الوصلة العصبية العضلية : مكان اتصال تفرع نهائي لليف عصبي حركي بالصفائح النهائية الحركية لليفة العضلية .

لاحظ :

* الوحدة التركيبية للعضلة هي الليفة العضلية .

* الوحدة الوظيفية للعضلة هي الوحدة الحركية .

* أصغر وحدة انقباض في العضلة هي القطعة العضلية .

إجهاد العضلة

– يحدث إجهاد العضلة و تعبها نتيجة انقباضها بصورة متتالية وسريعة وذلك لأن الدم لا يستطيع نقل الأكسجين بالسرعة الكافية ليوفر للعضلة احتياجاتها من التنفس و إنتاج الطاقة.

– لذا تلجأ العضلة إلى تحويل الجليكوجين (نشا حيواني) إلى جلوكوز الذي يتأكسد بطريقة التنفس اللاهوائي (لا يحتاج إلى أكسجين) لإنتاج طاقة تعطي العضلة فرصةً أكبر للعمل و ينتج عن ذلك تراكم **حامض اللاكتيك** الذي يسبب تعب العضلة وإجهادها .

الشد العضلي

أسبابه :

١– تناقص جزيئات ATP في العضلة يسبب عدم انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتظل مرتبطةً بها و تظل العضلة في حالة انقباض مستمر ، و هذا ما يسبب حدوث الشد العضلي المؤلم .

٢ – تداخل الاختلالات الناتجة عن وصول النبضات العصبية غير الصحيحة من المخ إلى العضلات مع الأداء الطبيعي لها .

أضراره :

– يمكن أن يسبب الشد العضلي الزائد عن الحد تمزق العضلات و حدوث نزف دموي .

كيفية زواله :

– عند الراحة تصل العضلة كمية كافية من الأكسجين فتقوم العضلة بالتنفس الهوائي وإنتاج كمية كبيرة من ATP تعمل على انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين و انبساط العضلة ، و بالتالي تبدأ العضلة من جديد في تتابع من الانقباضات و الانبساطات .

---

* عدد خطوط Z = عدد القطع العضلية + ١ = عدد المناطق المضيئة
* عدد القطع العضلية = عدد خطوط Z – ١ = عدد المناطق المضيئة – ١
* عدد القطع العضلية أثناء الانبساط = عدد المناطق الداكنة = عدد المناطق شبه المضيئة
* عدد الوحدات الحركية = عدد الحزم العضلية = عدد الألياف العصبية الحركية
* أقل عدد من الوحدات الحركية = عدد الألياف العضلية ÷ ١٠٠
* أكبر عدد من الوحدات الحركية = عدد الألياف العضلية ÷ ٥
* أقل عدد من الليفات العضلية = عدد الألياف العضلية × ١٠٠٠
* أكبر عدد من الليفات العضلية = عدد الألياف العضلية × ٢٠٠٠
* عدد الوصلات العصبية العضلية = عدد الألياف العضلية

الفصل الثاني
الهرمونات

جهاز الغدد الصماء

* **جهاز الغدد الصماء** هو الجزء الثاني من الأجهزة التي تتحكم في وظائف الجسم مع الجهاز العصبي و لذلك فإن وظائف الجسم المختلفة تكون تحت سيطرة التحكم العصبي و الهرموني .

* **الغدد الصماء :** هي غدد لا قنوية ، تفرز الهرمونات و التي تصب في الدم مباشرة .

* لابد أن تفرز الهرمونات بالكميات المطلوبة (**علل**) لكي تؤدي وظائفها على أحسن وجه لأنه إذا زاد إفراز الهرمون أو نقص سيؤدي ذلك إلى اختلال في الوظيفة مما قد يسبب أعراضاً مرضية تختلف من هرمون إلى آخر .

الهرمونات

* **الهرمون :** مادة كيميائية تتكون داخل الغدة و تنتقل عن طريق الدم إلى عضو آخر ، و الذي عادةً ما يؤثر على وظيفته و نموه .

* معظم تأثيرات الهرمونات من النوع المحفز (**علل**) حيث تقوم بتنشيط أعضاء أو غدد أخرى .

الهرمونات في النبات :

* **بويسن جنسن :**

– أول من أشار إلى الهرمونات النباتية (الأوكسينات) .

– استطاع أن يفسر بها انتحاء الساق نحو الضوء .

– أثبت أن منطقة الاستقبال و هي القمة النامية للساق تفرز مادة كيميائية (أندول حمض الخليك) تنتقل منها إلى منطقة الاستجابة (منطقة الانحناء) و تسبب انحنائها .

* **النبات ليس له غدد خاصة به بل تفرز الهرمونات (الأوكسينات) من الخلايا الحية في القمم النامية و البراعم.**

أهمية الأوكسينات :

١ – تنظيم تتابع نمو الأنسجة و تنوعها .

٢ – تؤثر على النمو بالتنشيط و التثبيط .

٣ – تتحكم في موعد تفتح الأزهار وتساقط الأوراق و نضج الثمار و تساقطها .

٤ – تؤثر على العمليات الوظيفية في جميع خلايا و أنسجة النبات .

٥ – تُمكن الإنسان من التحكم في إخضاع نمو النبات .

التنظيم الهرموني في الإنسان

* توصل العلماء إلى معرفة وظائف الهرمونات عن طريق :

١ – دراسة الأعراض التي تظهر على الإنسان أو الحيوان نتيجة تضخم غدة أو استئصالها .

٢ – دراسة التركيب الكيميائي لخلاصة الغدة و التعرف على أثرها في العمليات الحيوية المختلفة .

اكتشاف الهرمونات

١ – **كلود برنار :**

درس وظائف الكبد و اعتبر السكر المدخر فيه هو إفرازه الداخلي و الصفراء إفراز خارجي .

٢ – **ستارلنج (مكتشف الهرمونات)**

أ – وجد أن البنكرياس يفرز عصارته الهاضمة فور وصول الغذاء من المعدة إلى الاثنى عشر حتى بعد قطع الاتصال العصبي بين البنكرياس و غيره من الأعضاء .

ب – استنتج أن هناك نوعًا من التنبيه غير العصبي .

ج – توصل إلى أن الغشاء المخاطي المبطن للإثنى عشر يفرز موادًا تسري في تيار الدم حتى تصل إلى البنكرياس فتنبهه إلى إفراز عصارته الهاضمة .

د – سمى هذه الرسائل الكيميائية **هرمونات** (لفظ يوناني معناه المواد المنشطة) .

٣ – **بتوالي الدراسات** و اتساع ميدان البحث أمكن التعرف على الغدد الصماء في جسم الإنسان و على الهرمونات الخاصة بكل غدة .

خصائص الهرمونات :

١ – الهرمونات هي مواد كيميائية عضوية بعضها يتكون من البروتين المعقد و البعض الآخر من مركبات بسيطة كالأحماض الأمينية أو إستيرويدات (مواد دهنية) .

٢ – تفرز بكميات قليلة تقدر بالميكروجرام (١/ ١٠٠٠ ملليجرام) .

٣ – للهرمونات أهمية كبيرة في حياة الإنسان تتمثل في أداء الوظائف التالية :

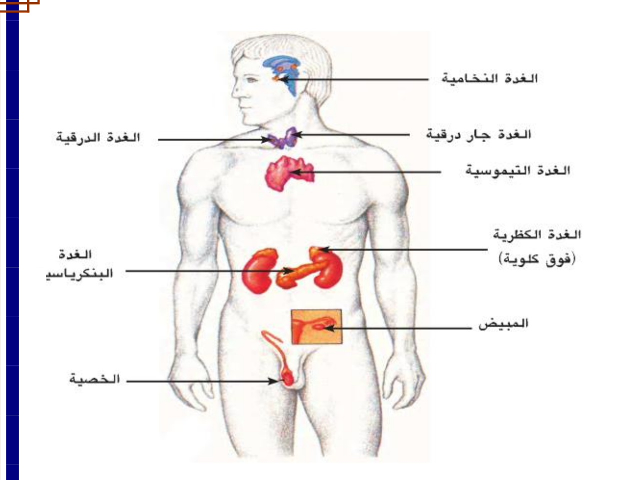
أ – اتزان الوضع الداخلي للجسم و تنظيمه . ب– نمو الجسم .

ج – النضوج الجنسي . د – التمثيل الغذائي .

ه – سلوك الإنسان و نموه العاطفي و التفكيري .

الغدد في الإنسان

يوجد في الإنسان ثلاثة أنواع من الغدد هي :



صورة لجسم الإنسان توضح توزيع الغدد

الغدد القنوية	الغدد الصماء	الغدد المشتركة (المختلطة)
– تسمى ذات الإفراز الخارجي . – تحتوي على : ▪ الجزء المفرز . ▪ قنوات خاصة بها . – تصب إفرازاتها داخل الجسم (الغدد اللعابية و الهضمية) أو خارج الجسم (الغدد العرقية)	– تسمى ذات الإفراز الداخلي – ليس لها قنوات خاصة بها . – تصب إفرازاتها مباشرةً في الدم – هي المسئولة عن إفراز الهرمونات . مثل الغدة الدرقية و الكظرية .	– تجمع بين النوعين السابقين – تركيبها يتكون من جزء غدي قنوي و آخر عبارة عن غدة صماء (لا قنوية) مثل البنكرياس و الخصية .

لاحظ :

لكل غدة إفراز خاص بها يحوي هرمونًا واحدًا أو مجموعة هرمونات .

أولًا : الغدة النخامية

* تعتبر الغدة النخامية سيدة الغدد أو المايسترو (**علل**) لأنها تتحكم في جهاز الغدد الصماء بأكمله عن طريق الهرمونات التي تفرزها و تؤثر في إفراز معظم الغدد الصماء .

***الموقع :**

تقع هذه الغدة أسفل المخ و تتصل بتحت المهاد (الهيبوثالامس) .

*** التركيب :**

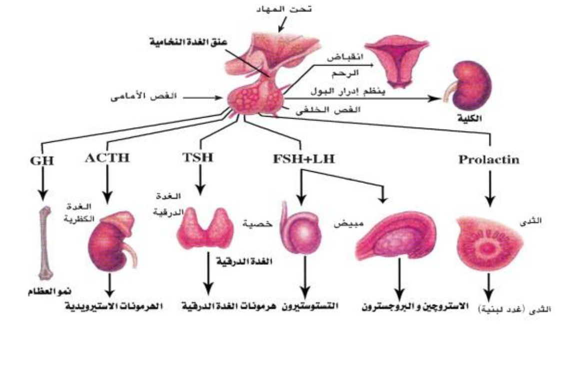
تتركب الغدة النخامية من جزأين :

أ – **الجزء الغدي :**

يتكون من الفص الأمامي و الفص الأوسط .

ب – **الجزء العصبي :**

يتكون من الفص الخلفي و جزء من المخ يعرف بالقمع أو العنق العصبية .



هرمونات الغدة النخامية

هرمونات الجزء الغدي

١ – هرمون النمو (GH)

يتحكم في عمليات الأيض خاصة تصنيع البروتين و بذلك يتحكم في نمو الجسم .

– نقص إفراز الهرمون في حالة الطفولة يسبب **القزامة** .

– زيادة إفراز الهرمون في حالة الطفولة يسبب **العملقة** .

– زيادة الهرمون في البالغين يسبب حالة **الأكروميجالي** و التي تتميز بـــــ :

- تجديد نمو الأجزاء البعيدة في العظام الطويلة كالأيدي و الأقدام و الأصابع .
- تضخم عظام الوجه .

٢ – الهرمونات المنبهة للغدد

و هي مجموعة من الهرمونات تؤثر على نشاط الغدد الأخرى و تشمل :

أ – **الهرمون المنبه للغدة الدرقية (TSH)** .

ب – **الهرمون المنبه لقشرة الغدة الكظرية (ACTH)** .

ج – **الهرمون المنبه لإفراز اللبن (برولاكتين)** : يعمل على إفراز اللبن من الغدد الثديية .

د – **الهرمونات المنبهة للمناسل :** و تشمل :

١ – **الهرمون المنبه لتكوين الحويصلة (FSH) :**

في الأنثى : يعمل على نمو الحويصلات في المبيض و تحويلها إلى حويصلة جراف .

في الذكر : يساعد على تكوين الأنيبيبات المنوية و تكوين الحيوانات المنوية .

٢ – **الهرمون المنبه للجسم الأصفر (LH) :**

في الأنثى : يحفز تكوين الجسم الأصفر .

في الذكر : مسئول عن تكوين و إفراز الخلايا البينية في الخصية .

لاحظ :

كلا الهرمونين هام جدًا لاكتمال عملية التكوين الجنسي للفرد (فسر) .

هرمونات الجزء العصبي

* هرمونات هذا الجزء تفرزها خلايا عصبية موجودة في منطقة تحت المهاد و تعرف **بالخلايا العصبية المفرزة** و تصل هذه الهرمونات إلى الفص الخلفي . وتشمل الهرمونات التالية :

١ - الهرمون المضاد لإدرار البول (ADH) يسمى أيضًا **القابض للأوعية الدموية**

– يعمل على تقليل كمية البول عن طريق إعادة امتصاص الماء في النفرون .

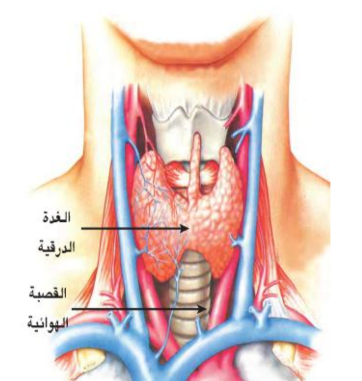
– يعمل على رفع ضغط الدم .

٢ - الهرمون المنبه لعضلات الرحم (أوكسيتوسين)

– له علاقة مباشرة في عملية تنظيم تقلصات الرحم حيث يزيدها بشدة أثناء عملية الولادة من أجل إخراج الجنين ، و لهذا يستخدمه الأطباء للإسراع في عمليات الولادة (علل) .

– له أثر مشجع في اندفاع أو نزول الحليب من الغدد اللبنية استجابةً لعملية الرضاعة .

ثانياً : الغدة الدرقية



* **الموقع :**

تقع في الجزء الأمامي من الرقبة ملاصقةً للقصبة الهوائية .

* **الوصف :**

هي غدة حويصلية تميل إلى اللون الأحمر و محاطة بغشاء من نسيج ضام و تتكون من فصين بينهما برزخ .

* **الوظيفة :**

تنتج هذه الغدة هرمونين هما : – هرمون الثيروكسين – هرمون الكالسيتونين

١ - هرمون الثيروكسين

– لابد من وجود اليود لتكوين هذا الهرمون .

– **وظائف الثيروكسين :**

أ – نمو و تطور القوى العقلية و البدنية .

ب – يؤثر على معدل الأيض الأساسي و يتحكم فيه .

ج – يحفز امتصاص السكريات الأحادية من القناة الهضمية .

د – يحافظ على سلامة الجلد و الشعر .

٢ - هرمون الكالسيتونين

- **وظيفة الكالسيتونين :**

يعمل على تقليل نسبة الكالسيوم في الدم و يمنع سحبه من العظام .

أمراض الغدة الدرقية

تنشأ بعض الحالات المرضية بسبب نقص أو زيادة في إفراز الغدة الدرقية لهرمون الثيروكسين

١ - نقص إفراز الغدة الدرقية :

يؤدي ذلك إلى حدوث تضخم في الغدة الدرقية و يسمى **التضخم البسيط** .

التضخم البسيط :

- **السبب :** ينتج عن نقص الثيروكسين بسبب نقص اليود في الغذاء و الماء و الهواء .
- **العلاج :** بإضافة اليود إلى الملح و الأغذية المختلفة .
- عدم العلاج في هذه الحالة يؤدي إلى حدوث مضاعفات هي :

اسم المرض	القماءة	الميكسوديما
السبب	نقص حاد في إفراز الغدة الدرقية في مرحلة الطفولة	نقص حاد في إفراز الغدة الدرقية في البالغين
الأعراض	١ - يؤثر على نمو الجسم فيبدو الجسم قصيرًا و الرأس كبيرة و الرقبة قصيرة. ٢ - يؤثر على النضوج العقلي للطفل و قد يسبب له تخلفاً عقليًا . ٣ - تأخر في النضوج الجنسي .	١ - جفاف الجلد و تساقط الشعر. ٢ - هبوط مستوى التمثيل الغذائي فلا يتحمل البرودة . ٣ - زيادة في وزن الجسم لدرجة السمنة المفرطة (علل) ٤ - تقل ضربات القلب و يتعب الشخص بسرعة .
العلاج	يعالج المرضى بهرمونات الغدة الدرقية أو مستخلصاتها تحت إشراف طبي	

٢- زيادة إفراز الغدة الدرقية :

يؤدي ذلك إلى حدوث تضخم في الغدة الدرقية يسمى **التضخم الجحوظي**

التضخم الجحوظي :

- **السبب :** الإفراط في إفراز هرمون الثيروكسين .

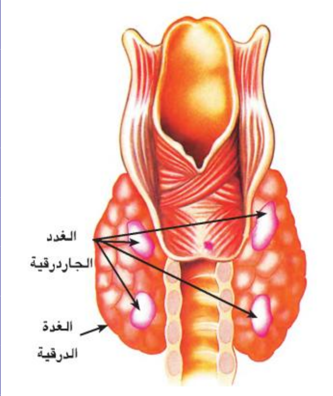


– **الأعراض :**

- تضخم ملحوظ في الغدة الدرقية و انتفاخ الجزء الأمامي من الرقبة مع جحوظ العينين .
- زيادة في أكسدة الغذاء .
- نقص وزن الجسم (علل) .
- زيادة في ضربات القلب .
- تهيج عصبي .

– **العلاج :** – استئصال جزء من الغدة الدرقية – استخدام مركبات طبية .

ثالثًا : الغدد جارات الدرقية



* **الموقع :** هي غدد تتكون من أربعة أجزاء منفصلة اثنين على كل جانب من الغدة الدرقية .

* **الوظيفة :** تفرز هذه الغدد **هرمون الباراثرمون** .

وظيفة هرمون الباراثرمون :

– تعتمد كمية هذا الهرمون على نسبة الكالسيوم في الدم حيث يكون الإفراز كثيرًا مع هبوط نسبة الكالسيوم في الدم حيث يعمل على سحبه من العظام .

– يقوم هرمون الباراثرمون و هرمون الكالسيتونين (الذي يفرز من الغدة الدرقية) بدور هام في الحفاظ على مستوى الكالسيوم في الدم بمعدلاته الطبيعية .

زيادة إفراز هرمون الباراثرمون تسبب :

ارتفاع نسبة الكالسيوم في الدم نتيجة سحبه من العظام فتصبح العظام هشةً و تتعرض للانحناء و الكسر بسهولة .

نقص إفراز هرمون الباراثرمون يسبب :

أ – نقص نسبة الكالسيوم في الدم .

ب – سرعة الانفعال و الغضب و الثورة لأقل سبب .

ج – تشجنات عضلية مؤلمة .

رابعاً : الغدتان الكظريتان (فوق الكلية)

* **الموقع** : غدتان تقع كل واحدة فوق إحدى الكليتين . و تسمى الغدة الكظرية **غدة الانفعال** .

* **التركيب** : تتكون كل غدة من منطقتين متميزتين من الناحية التشريحية و الفسيولوجية :

– الجزء الخارجي يسمى **القشرة** (هرمونات القشرة تعرف بمجموعة الستيرويدات).

– الجزء الداخلي يسمى **النخاع** .

و الهرمونات التي تفرزها القشرة تختلف عن الهرمونات التي يفرزها النخاع .

الجزء	الهرمونات	الوظيفة
القشرة	مجموعة الهرمونات السكرية : ١ – **الكورتيزون** ٢ – **الكورتيكوستيرون**	تنظيم أيض المواد الكربوهيدراتية (السكريات – النشويات) بالجسم .
	مجموعة الهرمونات المعدنية : – **هرمون الألدوستيرون**	الحفاظ على توازن المعادن بالجسم على سبيل المثال يساعد هذا الهرمون على إعادة امتصاص الأملاح مثل الصوديوم و التخلص من البوتاسيوم الزائد عن طريق الكليتين .
	مجموعة الهرمونات الجنسية	– لها نشاط مشابه للهرمونات الجنسية الذكرية و الأنثوية (التستوستيرون – الإستروجين – البروجسترون) التي تفرز من الغدد الجنسية . – لهذا إذا حدث خلل بين توازن هذه الهرمونات و الهرمونات الجنسية المفرزة من الغدد المختصة فإن ذلك يؤدي إلى : ▪ ظهور صفات و عوارض الرجولة في النساء ▪ ظهور عوارض الأنوثة عند الرجال . ▪ ضمور الغدد الجنسية في كلا الجنسين إذا حدث تورم في قشرة الغدة .

النخاع	١ – **الأدرينالين** ٢ – **النورأدرينالين** يطلق على الأدرينالين و النورأدرينالين هرمونا الطوارئ (**علل**)	تفرز في حالة الطوارئ (الخوف و الإثارة و القتال و الهروب) فيقومان بعدة وظائف حيوية : – زيادة نسبة السكر في الدم (عن طريق تحلل الجليكوجين المخزن في الكبد إلى جلوكوز) . – زيادة قوة و سرعة انقباض القلب . – رفع ضغط الدم . – حصول عضلات الجسم (نتيجة التغيرات السابقة) على الطاقة اللازمة للانقباض مع زيادة استهلاك الأكسجين (يظهر ذلك بوضوح أثناء تأدية التمرينات الرياضية).

خامساً : البنكرياس

* يعتبر البنكرياس من الغدد المشتركة (**علل**) التي تجمع بين الغدد ذات الإفراز الخارجي و الغدد الصماء حيث :

– يصب إنزيماته الهاضمة و التي تفرزها **خلايا حويصلية** في الإثنى عشر عن طريق القناة البنكرياسية .

– يفرز هرمونات في الدم مباشرة و ذلك من خلايا غدية صغيرة متخصصة تعرف **بجزر لانجر هانز** .

لاحظ :

يمكن تمييز نوعين من الخلايا في جزر لانجر هانز :

أ – **خلايا ألفا** : و عددها قليل و تفرز **هرمون الجلوكاجون** .

ب – **خلايا بيتا** : و تمثل غالبية خلايا جزر لانجر هانز و تفرز **هرمون الإنسولين** .

كلا الهرمونين له علاقة مباشرة باستخدام السكر في الجسم و بالتالي المحافظة على مستوى السكر ثابتاً في الدم و الذي يبلغ حوالي (٨٠ – ١٢٠ ملليجرام / ١٠٠ سم ٣).

الخلايا	الهرمون	الوظيفة
بيتا	**الإنسولين**	– يعمل على خفض تركيز سكر الجلوكوز بالدم عن طريق : أ – الحث على أكسدة الجلوكوز في خلايا و أنسجة الجسم المختلفة و مرور السكريات الأحادية (ما عدا الفركتوز) عبر غشاء الخلية إلى داخلها . **لاحظ :** يمر الفركتوز إلى داخل الخلية دون الحاجة إلى الإنسولين . (**علل**) يفضل استخدام مرضى السكر لسكر الفركتوز . ب – التحكم بالعلاقة بين الجليكوجين المخزن و الجلوكوز المنفرد في الدم . فهو يشجع تحول الجلوكوز إلى : – جليكوجين يخزن في الكبد و العضلات أو – مواد دهنية تخزن في أنسجة الجسم المختلفة . **نقص إفراز هرمون الأنسولين :** يسبب الإصابة بمرض البول السكري و الذي يتميز بالخلل في أيض كل من الجلوكوز و الدهون بالجسم . **أعراضه :** – ارتفاع نسبة الجلوكوز في الدم عن المعدل الطبيعي و لذلك يظهر أيضًا في تحاليل البول . – إخراج كميات كبيرة من الماء نتيجةً لارتفاع نسبة الجلوكوز في البول لذا فإن المريض يعاني من ظواهر تعدد التبول و العطش (علل) .
ألفا	**الجلوكاجون**	– يعمل عكس هرمون الإنسولين ، و ذلك برفع تركيز الجلوكوز في الدم عن طريق تحويل الجليكوجين المخزن بالكبد فقط إلى جلوكوز .

سادساً : الغدد التناسلية (المناسل)

* المناسل هي الخصية و المبيض .

وظيفة المناسل :

١ – تكوين الجاميتات الذكرية (حيوانات منوية) و الأنثوية (البويضات) { وظيفتها الأساسية } .

٢ – **إفراز مجموعة من الهرمونات الجنسية و المسئولة عن نمو الأعضاء التناسلية و ظهور الصفات الجنسية .**

الهرمونات الجنسية الذكرية (الأندروجينات)

الوظيفة	مكان الإفراز	الهرمون
* نمو البروستاتا و الحويصلات المنوية . * ظهور الصفات الجنسية الثانوية في الذكر .	الخلايا البينية في الخصية	١ – التستوستيرون ٢ – الأندروستيرون

الهرمونات الجنسية الأنثوية

الوظيفة	مكان الإفراز	الهرمون
* ظهور الخصائص الجنسية في الأنثى مثل كبر الغدد الثديية. * تنظيم الطمث (الدورة الشهرية) .	– حويصلات جراف في المبيض	الإستروجين (الإستراديول)
* يعمل على انتظام دورة الحمل كـــ : – تنظيم التغيرات الدموية في الغشاء المبطن للرحم ليعده لاستقبال و زرع البويضة . – تنظيم التغيرات التي تحدث في الغدد الثديية أثناء الحمل .	– الجسم الأصفر في المبيض – المشيمة (أثناء الحمل)	البروجسترون
* يسبب ارتخاء الارتفاق العاني و يزيد إفرازه عند نهاية فترة الحمل لتسهيل عملية الولادة .	– الجسم الأصفر – المشيمة – بطانة الرحم	الريلاكسين

لاحظ : يعرف هرمون الإستروجين و البروجسترون بـــ " الإستروجينات "

سابعاً : هرمونات القناة الهضمية

* الغشاء المخاطي المبطن للقناة الهضمية :

– يحتوي على غدد تفرز العصارة الهاضمة .

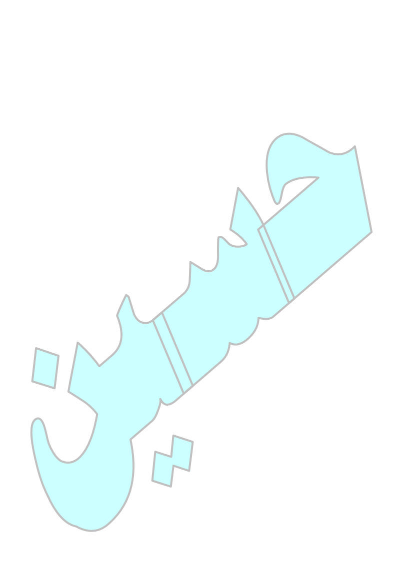
– يفرز مجموعة من الهرمونات تعمل على تنشيط غدد القناة الهضمية لإفراز الإنزيمات الهاضمة و عصاراتها المختلفة ، **مثل :**

هرمون الجاسترين

يفرز من المعدة و ينتقل خلال الدم إلى المعدة مرة أخرى ليحثها على إفراز العصير المعدي .

هرمون السكيرتين و هرمون الكوليسيستوكينين

يفرزان من الأمعاء الدقيقة و ينتقلان عبر الدم إلى البنكرياس ليحثانه على إفراز العصارة البنكرياسية .



الفصل الثالث

التكاثر

مقدمة :

تعتمد جميع المخلوقات على مصادر متنوعة تمدها بالطاقة اللازمة لحياتها لكي تبقى على هذه الأرض إلى أجل محدد و تنتهي حياتها بالموت الحتمي . إذ يتعين عليها أن تقوم بوظائف التغذية و التنفس و الإخراج و الإحساس لكي تنجح في حياتها المحدودة على الأرض .

فماذا عن وظيفة التكاثر ؟

*** أهمية التكاثر للأحياء**

وظيفة التكاثر أقل أهمية من الوظائف الأخرى بالنسبة لحياة الفرد (علل) :

- لأن الكائن الحي الذي لا يتكاثر يمكنه أن يستمر في حياته الطبيعية _ بل إن بعض الأحياء التي أزيلت أعضاء تكاثرها بقيت حية بشكل عادى _ ذلك أن وظيفة التكاثر أقل أهمية من الوظائف الأخرى بالنسبة لحياة الفرد فلو تعطلت إحدى هذه الوظائف لهلك الفرد سريعًا ، و على ذلك فإن التكاثر يعتمد على تأمين الوظائف الأخرى و ليس العكس .
- وظيفة التكاثر هي التي تؤمن استمرار الأنواع على الأرض بعد فناء الأفراد و لو تعطلت بشكل جماعي يؤدي ذلك إلى انقراض النوع من الوجود .

لاحظ :

تبدأ جميع الأحياء حياتها بالسعي المتواصل لتأمين بقائها كأفراد أولاً و توفير الطاقة اللازمة لنموها حتى مرحلة معينة ، ثم تبدأ بعدها في السعي لتأمين بقاء أنواعها بالتكاثر فتوجه له معظم طاقاتها و سلوكها .

*** قدرات التكاثر بين الأحياء**

تختلف قدرات التكاثر بين الأحياء حسب :

- اختلاف البيئة المحيطة بها
- المخاطر التي تتعرض لها
- طبيعة حياتها
- طول أعمارها و أحجامها

أمثلة :

- الأحياء المائية تنتج نسلاً أكثر مما تنتجه أقرانها على اليابسة .
- الأحياء الطفيلية تنتج نسلاً أكثر من الكائنات الحرة **(علل)** لتعويض الفاقد منها .
- الأحياء البدائية أو قصيرة العمر تنتج نسلاً أكثر مما تنتجه الأحياء المتقدمة أو طويلة العمر **(علل)** لما تلقاه هذه الأحياء المتقدمة من رعاية و حماية من الآباء .

تختلف قدرات التكاثر بين الأحياء (علل)

لاحظ :

* الأنواع و الأفراد التي نراها حولنا في الوقت الحاضر تعبر عن نجاح أسلافها في :

- التكاثر .
- تخطي المصاعب التي واجهتها عبر الأجيال المتلاحقة .

* بعكس الأنواع المنقرضة التي لم تنجح في الاستمرار إلى الآن مثل الديناصورات و غيرها من الزواحف العملاقة التي لم يتواصل تكاثرها و أصبحت في سجل التاريخ الجيولوجي و مثلها الكثير في عالمي الحيوان و النبات .

(علل) انقراض الديناصورات .

لأنه لم يتواصل تكاثرها و لم تنجح في تخطي المصاعب التي واجهتها عبر الأجيال المتلاحقة .

طرق التكاثر في الكائنات الحية

تتكاثر الكائنات الحية بطريقتين أساسيتين هما :

- التكاثر اللاجنسي
- التكاثر الجنسي

أولاً : التكاثر اللاجنسي

* **كيفية حدوثه** : يتضمن مجرد انفصال جزء من الجسم سواء كان خلية جرثومية واحدة أو جملة خلايا أو أنسجة و نموها إلى فرد جديد يشبه الأصل الذي انفصلت عنه تماماً .

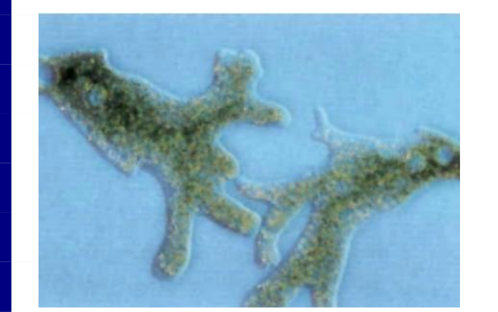
***خصائصه** : تستمر صفات الأجيال الناتجة بهذه الطريقة و إن تغيرت البيئة حولها ، فإذا حدث تغيير في تلك البيئة تعرض معظم النسل الناتج للهلاك ما لم تكن آباؤها قد تأقلمت على ذلك التغيير

* **شيوعه** : هذا التكاثر شائع في عالم النبات لكنه يقتصر على بعض الأنواع البدائية في عالم الحيوان .

* **نوع الانقسام الذي يعتمد عليه** : يعتمد هذا التكاثر على الانقسام الميتوزي **(علل)** حيث يكون عدد الصبغيات في خلايا الأفراد الجديدة هو نفس عدد الصبغيات في خلايا الكائن الأصلي .

صور التكاثر اللاجنسي

١ - الانشطار الثنائي



الانشطار الثنائي في الأميبا

* أبسط صور التكاثر اللاجنسي

* يتكاثر بهذه الصورة :

- كثير من الأوليات الحيوانية (مثل الأميبا و البراميسيوم).
- الطحالب البسيطة .
- البكتيريا .

(أ) في الظروف المناسبة :

١ - تنقسم النواة ميتوزيًا .

٢ - تنشطر الخلية التي تمثل جسم الكائن الحي إلى خليتين تصبح كل منهما فردًا جديدًا .

(ب) في الظروف غير المناسبة :

١ - تفرز الأميبا حول جسمها غلافاً كيتينيًا للحماية .

٢ - تنقسم بداخله عدة مرات بالانشطار الثنائي المتكرر لتنتج العديد من الأميبات الصغيرة .

٣ - تتحرر الأميبات الصغيرة من الحوصلة فور تحسن الظروف المحيطة .

٢ - التبرعـــم



التبرعم في فطر الخميرة

* **يتكاثر بهذه الطريقة :**

- بعض الكائنات وحيدة الخلية (مثل الخميرة) .
- بعض متعددة الخلايا (مثل الإسفنج و الهيدرا) .

التبرعم في الكائنات وحيدة الخلية (مثل الخميرة) :

١ - ينشأ البرعم كبروز جانبي على الخلية الأصلية .

٢ - تنقسم النواة ميتوزيًا إلى نواتين تبقى إحداهما في خلية الأم و تهاجر الثانية نحو البرعم .

٣ - ينمو البرعم تدريجيًا و يبقى متصلاً بخلية الأم حتى يكتمل نموه ثم :

- ينفصل عنها .
- أو يستمر في اتصاله بها مكونًا مع غيره من البراعم النامية مستعمرات خلوية .

التبرعم في الكائنات متعددة الخلايا (مثل الإسفنج و الهيدرا)

١ - ينمو البرعم على شكل بروز صغير من أحد جوانب الجسم بفعل انقسام الخلايا البينية و تميزها إلى برعم .

٢ - ينمو البرعم تدريجيًا ليشبه الأم تمامًا .

٣ - ينفصل البرعم ليبدأ حياته مستقلاً .



التبرعم في الهيدرا

لاحظ :

الهيدرا و الإسفنج يتكاثران :

- جنسيًا و - لاجنسيًا بالتبرعم و التجدد

٣ - التجدد

* تشيع هذه الطريقة في كثير من النباتات و بعض الحيوانات كالإسفنج و الهيدرا و بعض الديدان و نجم البحر .

- تمتلك هذه الكائنات القدرة على تجديد الأجزاء المفقودة من أجسامها عند تعرضها لحادث أو تمزق (تجدد بغرض التعويض) .

* القدرة على التجدد تقل برقي الحيوان **(علل)** حيث :

- **في بعض الحيوانات عندما يقطع الجسم إلى عدة أجزاء فإن كلا منها ينمو إلى فرد جديد (تجدد بغرض التكاثر) .**

- يقتصر التجدد في **بعض القشريات و البرمائيات** على استعاضة الأجزاء المبتورة فقط .

- أما في **الفقاريات العليا** فلا يتجاوز التجدد فيها عملية التئام الجروح خاصة إذا كانت محدودة في الجلد و الأوعية الدموية و العضلات .

أمثلة على التجدد بغرض التكاثر :

١ - التجدد في البلاناريا :

* البلاناريا من الديدان المفلطحة التي تعيش في الماء العذب .

* لو قطعت لعدة أجزاء على مستوى عرضي أو لجزأين طوليًا فإن كل جزء ينمو إلى فرد مستقل



التجدد في البلاناريا

٢ - التجدد في الهيدرا :

* إذا قطعت لعدة أجزاء على مستوى عرضي فإن كل جزء ينمو إلى فرد مستقل .

٣ - التجدد في نجم البحر :

* يتغذي نجم البحر على محار اللؤلؤ (إذ يستطيع النجم الواحد أن يفترس حوالي عشر محارات يوميًا بما قد تحمله من لؤلؤ بين ثناياها) .

* لهذا كان القائمون على رعاية ذلك المحار في مزارع اللؤلؤ يجمعون نجوم البحر و يمزقونه و يلقون به في البحر للتخلص منه تمامًا فكانوا يعملون على إكثاره دون قصد .

* حيث أن أحد أذرع نجم البحر مع قطعة من قرصه الوسطي يمكن أن يتجدد إلى نجم بحر كامل في فترة وجيزة .

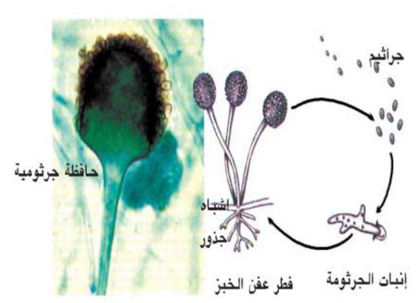


نجم البحر

٤ - التكاثر بالجراثيم

* من الكائنات التي تتكاثر بالجراثيم :
- بعض النباتات البدائية .
- كثير من الفطريات (مثل فطر عفن الخبز و فطر عيش الغراب)
- بعض الطحالب و السراخس .

* **الجراثيم** : هي خلايا وحيدة متحورة للنمو مباشرة إلى نباتات كاملة.



التكاثر بالجراثيم في فطر عفن الخبز


التكاثر بالجراثيم في فطر عيش الغراب

* **تركيب الجرثومة** :

تتكون الجرثومة من :

١ - سيتوبلازم (به كمية قليلة من الماء) . ٢ - نواة .

٣ - جدار سميك .

* **كيفية حدوثه :**
- إذا نضجت الجرثومة تحررت من النبات الأم لتنتشر في الهواء .
- بوصولها إلى وسط ملائم للنمو تمتص الماء و تتشقق جدرها .
- تنقسم عدة مرات ميتوزيًا حتى تنمو إلى فرد جديد .

* **مميزات التكاثر بالجراثيم :**

١ - سرعة الإنتاج .

٢ - تحمل الظروف القاسية .

٣ - الانتشار لمسافات بعيدة .

(علل) يعتبر التكاثر بالجراثيم من أفضل صور التكاثر اللاجنسى .

٥ - التوالد البكري

* **التوالد البكري :** قدرة البويضة على النمو لتكوين فرد جديد بدون إخصاب من المشيج الذكري .
* يعد التوالد البكري نوعًا خاصًا من التكاثر اللاجنسي (**علل**) حيث يتم إنتاج الأبناء من أب واحد فقط حيث تنمو البويضة إلى فرد جديد بدون إخصاب من المشيج الذكري .
* يتم **التكاثر البكري** في عدد من الديدان و القشريات و الحشرات (مثل نحل العسل و المن) .
* يمكن حدوث التوالد البكري طبيعيًا و صناعيًا .
* **التوالد البكري الطبيعي :**

أمثلة :

١ - نحل العسل :

* تنتج الملكة بالانقسام الميوزي :
- بيضًا ينمو بدون إخصاب (توالد بكري) لتكوين ذكور النحل أحادية المجموعة الصبغية (ن)
- بيضًا ينمو بعد الإخصاب (تكاثر جنسي) لتكوين الملكة و الشغالات (حسب نوع الغذاء بعد ذلك ثنائية المجموعة الصبغية (٢ ن) .

٢ - حشرة المن :

* تتكون البويضات من انقسام ميتوزي فتنمو إلى إناث ثنائية المجموعة الصبغية (٢ ن) .

لاحظ : تستطيع حشرة المن أن تنتج ذكورًا و إناثًا بالتكاثر الجنسي أيضًا .

*** التوالد البكري الصناعي :**

- أمكن تنشيط بويضات نجم البحر و الضفدعة صناعيًا بواسطة تعريضها لصدمة حرارية أو كهربائية أو للإشعاع أو لبعض الأملاح أو للرج أو الوخز بالإبر فتتضاعف صبغياتها بدون إخصاب مكونةً أفرادًا تشبه الأم تمامًا .
- كما تكونت أجنة مبكرة من بويضات الأرانب باستخدام منشطات مماثلة .

٦ - زراعة الأنسجة

* زراعة الأنسجة النباتية و الحيوانية و إنمائها في وسط غذائي شبه طبيعي ثم متابعة تميز أنسجتها و تقدمها نحو إنتاج أفراد كاملة .

تجربة على نبات الجزر :

- فصل أحد العلماء أجزاء صغيرة من نبات الجزر في أنابيب زجاجية تحتوي لبن جوز الهند (الذي يحتوي على جميع الهرمونات النباتية و العناصر الغذائية) .
- بدأت الأجزاء في النمو و التمايز إلى نبات جزر كامل .
- بعد ذلك فصل خلايا منفردة من نفس أنسجة النبات و زرعها بنفس الطريقة ليحصل منها بالمثل على النبات الكامل .

زراعة الأنسجة في نبات الجزر

تجربة على نبات الطباق :

أمكن الحصول على نبات طباق كامل بعد فصل خلايا من أوراق الطباق و زراعتها بنفس الطريقة

*** الأساس العلمي لزراعة الأنسجة :**

الخلية النباتية المحتوية على المعلومات الوراثية الكاملة يمكنها أن تصبح نباتًا كاملاً لو زرعت في وسط غذائي مناسب يحتوي على الهرمونات النباتية بنسب معينة، و هو ما أكدته التجارب السابقة .

لاحظ :

يتم حفظ الأنسجة النباتية المختارة للزراعة في نيتروجين سائل لتبريدها لمدة طويلة مع الإبقاء على حيويتها لحين زراعتها .

*** أهمية زراعة الأنسجة :**

تقدم حلاً لمشاكل الغذاء حيث يمكن بهذه الطريقة :

١ - إكثار نباتات نادرة و ذات سلالات ممتازة أو أكثر مقاومة للأمراض .

٢ - اختصار الوقت اللازم لنمو المحاصيل المنتجة .

ثانيًا التكاثر الجنسي

* يتطلب التكاثر الجنسي وجود فردين ذكر و أنثى غالبًا لإنتاج الأمشاج الجنسية ، حيث :

- يتعين على تلك الأمشاج أن تتلاقى من أجل الاندماج أو الإخصاب .
- عند التزاوج يلتقي المشيج الذكري و المشيج الأنثوي المناسب لنوعه و يندمجا معًا لتكوين اللاقحة .
- تبدأ اللاقحة في الانقسام و النمو لتكوين الجنين ، ثم الفرد اليافع ، فالبالغ الذي يجمع بين صفات الأبوين لأن الابن يتسلم المادة الوراثية من كلا الأبوين فيصير خليطًا من صفاتهما ، على عكس التكاثر اللاجنسي الذي يتسلم فيه الابن المادة الوراثية من أب واحد فيصير نسخة مطابقة له .

* التكاثر الجنسي مكلف في الوقت و الطاقة عن التكاثر اللاجنسي **(علل)** للأسباب الآتية :

- يتم بعد عمر أو إعداد معين .
- يتعين على الأبوين أحيانًا إعداد العش أو الجحر المناسب قبل الزواج .
- قد يتبادل الأبوان حراسة البيض و رعاية الأبناء حتى تكبر .
- بعض الأنواع تتحمل في سبيل حماية أبنائها مشقة أكبر عند الاحتفاظ بالأجنة في بطونها حتى تولد .
- قد تبقى الأبناء مع آبائها في حياة اجتماعية من أجل المزيد من الحماية و تعلم الكثير من السلوك .

* التكاثر الجنسي مكلف من الناحية البيولوجية **(علل)** لأن إنجاب أفراد جديدة يقتصر على نصف عدد أفراد النوع و هي الإناث دون الذكور بينما ينجب جميع الأفراد في التكاثر اللاجنسي أفرادًا جديدة .

* التكاثر الجنسي يوفر للأجيال الناتجة تجديدًا مستمرًا في بنائها الوراثي يمكنها من الاستمرار في وجه التغيرات البيئية .

* يعتمد التكاثر الجنسي على الانقسام الميوزي عند تكوين الأمشاج **(علل)** حيث يختزل فيها عدد الصبغيات إلى النصف (ن) و عند الإخصاب ينمدج المشيج الذكري مع المشيج الأنثوي و يعود العدد الأصلي للصبغيات (٢ ن) و الذي يختلف حسب نوع الكائن الحي .

التكاثر اللاجنسي	التكاثر الجنسي
يتم من خلال فرد واحد فقط	يتطلب وجود فردين ذكر و أنثى أو فرد خنثى
يتم بانفصال جزء من الجسم و نموه إلى فرد جديد	يتم باندماج المشيج المذكر مع المشيج المؤنث المناسب لنوعه لتكوين زيجوت ينقسم و ينمو إلى جنين
غير مكلف في الوقت أو الطاقة	يحتاج إلى وقت و إعداد مكان معين للتزاوج و رعاية الأبناء
جميع الأفراد منتجة (غير مكلف بيولوجيًا)	نصف عدد أفراد النوع هي التي تنجب و هي الإناث دون الذكور (مكلف بيولوجيًا)
الأفراد الناتجة ذات صفات متشابهة و تشبه آبائها	الأفراد الناتجة ذات صفات وراثية جديدة و تختلف عن صفات آبائها
الأفراد الناتجة أقل تكيفًا مع ظروف البيئة المتغيرة	الأفراد الناتجة أكثر تكيفًا مع ظروف البيئة المتغيرة
يعتمد على الانقسام الميتوزي	يعتمد على الانقسام الميوزي
صوره : الانشطار الثنائي ، التبرعم ، التجدد ، التكاثر بالجراثيم ، التوالد البكري ، زراعة الأنسجة	**صوره** : الاقتران ، التكاثر بالأمشاج الجنسية

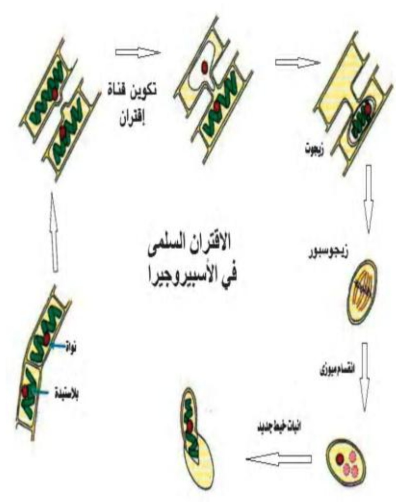
(علل) للتكاثر الجنسى ميزة بيولوجية عن التكاثر اللاجنسى .

لأن التكاثر الجنسي يؤدي إلى التنوع بين الأفراد مما يسمح لها بالتكيف مع ظروف البيئة المتغيرة بينما الأفراد الناتجة بالتكاثر اللاجنسي تكون متشابهة و أقل تكيفًا مع ظروف البيئة المتغيرة .

صور التكاثر الجنسي : ١ - الاقتران ٢ - التكاثر بالأمشاج الجنسية

الاقتـــران

* يتم التكاثر عادةً في الكائنات البدائية كبعض الأوليات و الطحالب و الفطريات بالانقسام الميتوزي
* لكنها تلجأ إلى التكاثر الجنسي بالاقتران عند تعرضها للجفاف أو تغير حرارة الماء أو نقاوته .



الاقتران السلمي

الاقتران في الإسبيروجيرا

* يعرف الإسبيروجيرا **بالريم الأخضر** الذي ينتشر في المياه الراكدة حيث تطفو خيوطه التي يتكون كل منها من صف واحد من الخلايا .
* يلجأ طحلب الإسبيروجيرا إلى الاقتران في الظروف غير المناسبة .

الاقتران نوعان هما :

أ - الاقتران السلمي ب - الاقتران الجانبي

أ - الاقتران السلمي :

يحدث بين الخلايا المتقابلة في خيطين متجاورين طوليًا من الإسبيروجيرا كالتالي :

١ - يتجاور خيطان من الإسبيروجيرا طوليًا .

٢ - تنمو نتوءات للداخل بين بعض أزواج الخلايا المتقابلة حتى يتلامسا .

٣ - يزول الجدار الفاصل بينهما لتتكون **قناة اقتران** .

٤ - **يتكور البروتوبلازم في خلايا أحد الخيطين ليهاجر إلى خلايا الخيط المقابل عبر قناة الاقتران مكونًا لاقحة (زيجوت) .**

٥ - تحاط اللاقحة بجدار سميك لحمايتها من الظروف غير الملائمة و تعرف حينئذ باللاقحة الجرثومية (**زيجوسبور**) .

٦ - تبقى اللاقحة الجرثومية ساكنة حتى تتحسن الظروف المحيطة ثم تنقسم ميوزيًا (علل) لتكون أربع أنوية أحادية المجموعة الصبغية يتحلل منها ثلاث أنوية و الرابعة تنقسم ميتوزيًا ليتكون خيط جديد .

الاقتران الجانبي

ب - الاقتران الجانبي :

* يحدث هذا الاقتران بين الخلايا المتجاورة في نفس الخيط الطحلبي .
* تنتقل مكونات إحدى الخليتين إلى الخلية المجاورة لها من خلال فتحة في الجدار الفاصل بينهما .

لاحظ :

خيط الطحلب خلاياه فردية الصبغيات (ن) و بعد الاقتران تتكون لاقحة (٢ ن) التي تنقسم ميوزيًا قبل إنبات خيط الطحلب الجديد فتعود لخلاياه الصفة الفردية ثانية .

علل :

١ - **يلجأ الإسبيروجيرا إلى الاقتران الجانبي .**

و ذلك في حالة وجود خيط طحلبي واحد فقط في الظروف غير المناسبة عند تعرضها للجفاف أو تغير حرارة الماء أو نقاوته .

٢ - **يلي الاقتران في الإسبيروجيرا انقسام ميوزي .**

لكي يختزل عدد الصبغيات إلى النصف و بذلك تعود الصفة الفردية لخلايا الطحلب (ن) .

٣ - **يتكاثر الإسبيروجيرا جنسيًا و لا جنسيًا و لا يعتبر هذا تبادل أجيال .**

لأن الطحلب يتكاثر لا جنسيًا في الظروف المناسبة و يتكاثر جنسيًا في الظروف غير المناسبة و غير متعاقبين .

التكاثر بالأمشاج الجنسية

* تتكاثر الأحياء النباتية و الحيوانية المتقدمة بالأمشاج الجنسية الذكرية و الأنثوية .
* الأمشاج الجنسية ناتجة عن انقسام ميوزي يتم في المناسل (الأعضاء الجنسية) .

الأمشاج الذكرية :

* تتكون في المناسل المذكرة (الخصية ، المتك)
* **وظيفتها** : نقل المادة الوراثية إلى المشيج الأنثوي في عملية الإخصاب .
* **ملاءمتها لوظيفتها** :

- تتميز بالقدرة على الحركة ، فيكون بناؤها معدًا لذلك حيث تفقد معظم سيتوبلازمها و يستدق الجسم و يتزود بسوط أو ذيل للحركة لكي يؤدي وظيفته .
- تنتج من كل خلية أولية أربعة أمشاج ذكرية أي تنتج بأعداد كبيرة (**علل**) نظرًا لاحتمال فقد بعضها خلال رحلتها إلى المشيج الأنثوي .
- (**فسر**) : تنتج الأمشاج الذكرية (الحيوانات المنوية) بأعداد كبيرة .

حيث تنتج من كل خلية أولية أربعة أمشاج ذكرية أي تنتج بأعداد كبيرة . نظرًا لاحتمال .... الأنثوي

الأمشاج الأنثوية :

* تتكون في المناسل المؤنثة (المبيض).
* **وظيفتها :** استقبال المادة الوراثية من المشيج الذكري في عملية الإخصاب .
* **ملاءمتها لوظيفتها** :

- تبقى ساكنة عادةً في جسم الأنثى حتى يتم الإخصاب .
- لذا تكون مستديرة و غنية بالغذاء غالبًا و تنتج بأعداد قليلة .

التلقيـــــح :

* انتقال المشيج الذكري إلى مكان المشيج الأنثوي .
* **أنواعه :**

التلقيح الخارجي	التلقيح الداخلي
* يتم في الحيوانات المائية كالأسماك العظمية و الضفادع . * تنتقل الأمشاج الذكرية إلى الأنثوية عبر الماء . * يلقي كل من الذكر و الأنثى بأمشاجهما معًا في الماء و بالتالي يتم الإخصاب و تكوين الجنين في الماء .	* يتم في الحيوانات التي تعيش على اليابسة . * يتعين إدخال الحيوانات المنوية إلى البويضات بداخل جسم الأنثى لكي يتم الإخصاب .

(علل) لا يحدث الإخصاب الخارجي في الحيوانات التي تعيش على اليابسة .

لأنه يتعين إدخال الحيوانات المنوية إلى البويضات بداخل جسم الأنثى لكي يتم الإخصاب .

الإخصـــاب :

* اندماج نواة المشيج الذكري بنواة المشيج الأنثوي لتكوين اللاقحة .
* تستعيد اللاقحة ازدواج الصبغيات (٢ ن) و تمضي نحو تكوين الجنين بالانقسام الميتوزي .

ثالثاً : تعاقب الأجيال

* **ظاهرة تعاقب (تبادل) الأجيال** : تعاقب جيل يتكاثر جنسيًا مع جيل أو أكثر يتكاثر لا جنسيًا

* **بعض الأنواع النباتية و الحيوانية لها القدرة على التكاثر بالطريقتين اللاجنسية و الجنسية لتجني مميزاتهما معاً في :**

- تحقيق سرعة التكاثر بما يمكنه من الانتشار .
- التنوع الوراثي بما يمكنه من مسايرة تقلبات البيئة .

لاحظ :

قد يتبع تعاقب الأجيال تباين في المحتوى الصبغي لخلايا تلك الأجيال .

أمثلة على تعاقب الأجيال

١ - دورة حياة بلازموديوم الملاريا

* البلازموديوم من الأوليات الجرثومية التي تتطفل على الإنسان و أنثى بعوضة الأنوفيليس .

- دورة الحياة في جسم الإنسان :

١ - تبدأ دورة الحياة عندما تلدغ أنثى بعوضة أنوفيليس مصابة بالطفيل جلد الإنسان و تصب في دمه أشكالاً مغزلية دقيقة هي **الأسبوروزويتات** (ن) و هي الطور المعدي للإنسان .

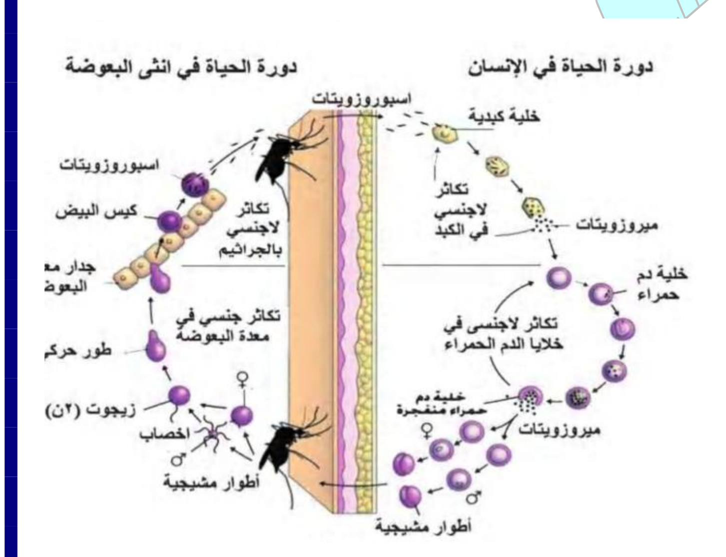
٢ - تتجه الأسبوروزويتات إلى الكبد حيث تقضي فترة حضانة تقوم خلالها **بدورتين** من التكاثر اللاجنسي حيث تنقسم النواة بالتقطع لتنتج **الميروزويتات** (ن) .

٣ - تنتقل الميروزويتات بعد ذلك لإصابة كريات الدم الحمراء لتقضي فيها **عدة دورات** لاجنسية لإنتاج العديد من الميروزويتات .

٤ - تتحرر الميروزويتات بأعداد هائلة كل يومين بعد تفتت كريات الدم المصابة و تتحرر مواد سامة فيظهر على المصاب حينئذٍ أعراض حمى الملاريا (ارتفاع درجة الحرارة - الرعشة - العرق الغزير) .

(علل) تظهر أعراض حمى الملاريا على نوبات متقطعة .

٥ - **تتحول بعض الميروزويتات إلى أطوار مشيجية** (الطور المُعْدِي للبعوضة) **داخل كريات الدم الحمراء و تنتقل مع دم المصاب إلى البعوضة .**



- دورة الحياة في جسم البعوضة :

٦ - يتم اندماج الأمشاج بعد نضجها في معدة البعوضة و تكوين **اللاقحة** (زيجوت ٢ ن) في معدة البعوضة .

٧ - تتحول اللاقحة إلى **طور حركي** (٢ ن) يخترق جدار المعدة .

٨ - ينقسم الطور الحركي ميوزيًا مكونًا **كيس البيض** (ن) الذي تنقسم نواته ميتوزيًا فيما يعرف بالتكاثر بالجراثيم حيث تنتج العديد من الأسبوروزويتات .

٩ - تتحرر الأسبوروزويتات و تتجه إلى الغدد اللعابية للبعوضة استعدادًا لإصابة إنسان جديد.

لاحظ : تتضح ظاهرة تعاقب الأجيال في دورة حياة البلازموديوم (علل) :

حيث يتعاقب في دورة حياة البلازموديوم جيل جنسي يتكاثر بالأمشاج (في البعوضة) ثم أجيال لاجنسية تتكاثر بالتكاثر بالجراثيم (في البعوضة) و بالتقطع (في الإنسان) .

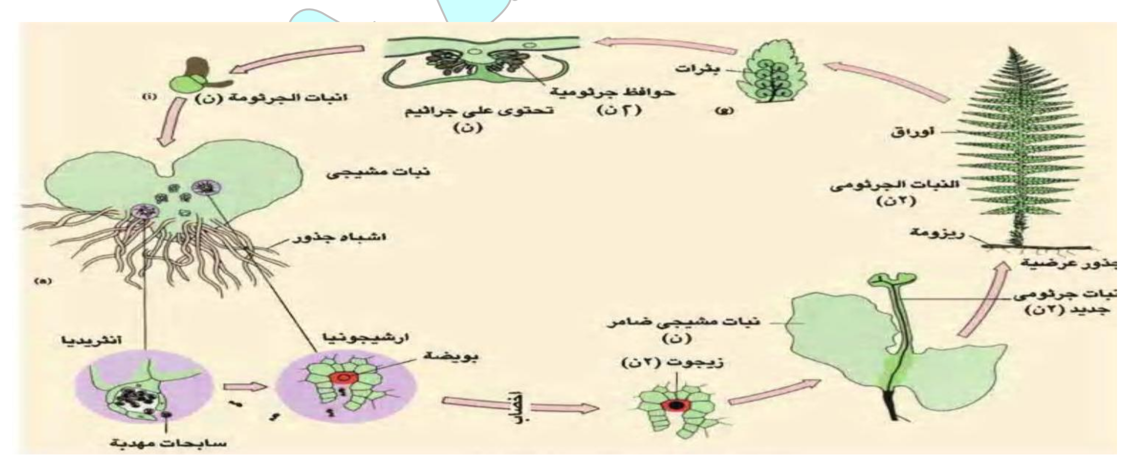
٢ - دورة حياة نبات من السراخس

* من أمثلة السراخس الشائعة :
- نبات الفوجير المعروف كنبات للزينة في المشاتل .
- كزبرة البئر التي تنمو على حواف الآبار و القنوات الظليلة .

* تبدأ دورة الحياة في نبات الفوجير **بالطور الجرثومي** الذي يحمل الأوراق و على سطحها السفلي بثرات بها حوافظ جرثومية تحتوي العديد من **الخلايا الجرثومية** (٢ ن) .
* تنقسم الخلايا الجرثومية ميوزيًا لتكوين **الجراثيم** (ن) .
* عند نضج الجراثيم ، تتحرر من الحوافظ و تحملها الرياح لمسافات بعيدة .
* عندما تسقط الجرثومة على تربة رطبة تنبت مكونة عدة خلايا لا تلبث أن تتكتل و تتميز إلى جسم مفلطح ينمو على شكل قلبي فوق التربة الرطبة و يعرف **بالطور المشيجي** .
* يتميز السطح السفلي للطور المشيجي بوجود :
- **أشباه جذور** على مؤخرة السطح السفلي كزوائد لامتصاص الماء و الأملاح .
- **زوائد تناسلية** تنمو على مقدمة السطح السفلي و هي :
  - **الأنثريديا** : مناسل مذكرة
  - **الأرشيجونيا** : مناسل مؤنثة

* بعد النضج تتحرر من الأنثريديا الأمشاج الذكرية (السابحات المهدبة) لتسبح فوق مياه التربة حتى تصل إلى الأرشيجونيا الناضجة لإخصاب البويضة بداخلها مكونة اللاقحة (٢ ن) .
* تنقسم اللاقحة و تتميز إلى طور جرثومي جديد ينمو فوق النبات المشيجي و يعتمد عليه لفترة قصيرة حتى يكون لنفسه جذورًا و ساقًا و أوراقًا فيتلاشى النبات المشيجي و ينمو النبات الجرثومي ليعيد دورة الحياة .

(علل) وضوح ظاهرة التطفل في دورة حياة نبات الفوجير .



دورة حياة نبات الفوجير

(**علل**) تعد دورة حياة الفوجير مثالاً لظاهرة تعاقب الأجيال .
حيث يتعاقب فيها طور جرثومي (ن) يتكاثر لاجنسيًا بالجراثيم مع طور مشيجي (ن) يتكاثر جنسيًا بالأمشاج .

التكاثر في النباتات الزهرية

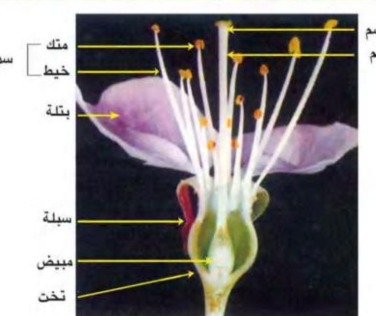
* النباتات الزهرية مجموعة كبيرة من النباتات البذرية التي تنشأ بذورها داخل غلاف ثمري لذا تعرف بمغطاة البذور **(علل)** .
* تنتشر النباتات الزهرية في بيئات مختلفة .
* تتفاوت النباتات الزهرية في الحجم من أعشاب صغيرة إلى أشجار ضخمة .
* **الزهرة** هي العضو المتخصص بالتكاثر في هذه النباتات .
* **الزهرة** هي ساق قصيرة تحورت أوراقها لتكون الأجزاء الزهرية المختلفة .
* **تخرج** الزهرة من إبط ورقة خضراء أو حرشفية تسمى " **القنابة** "، و في بعض الأحيان توجد أزهار بدون قنابات .

- **القنابة** : ورقة تخرج من إبطها الزهرة و هي تختلف في الشكل و اللون من نبات لآخر (خضراء ، حرشفية).

* **تحمل** الزهرة في بعض النباتات على عنق فتكون **معنقة** ، و في بعضها الآخر تكون **جالسة** .
* **تنشأ** الزهرة إما :

- **وحيدة طرفية** فتحد من نمو الساق كما في **التيوليب** .
- **وحيدة إبطية** كما في **البيتونيا** .
- **متجمعة** على المحور الزهري في تنظيمات متنوعة تعرف **بالنورات** كما في **الفول** و **المنثور** .

النورة : تجمع الأزهار على المحور الزهري في تنظيمات متنوعة .



قطاع طولي في الزهرة

تركيب الزهرة

* تتركب الزهرة النموذجية أو الكاملة (كالفول و التفاح و البصل و البيتونيا) من أربعة محيطات زهرية تتبادل أوراق كل منها مع أوراق المحيط الذي يليه .

المحيطات الزهرية	التكوين	الوظيفة
الكأس (المحيط الخارجي للزهرة)	- يتكون من أوراق خضراء تسمى السبلات	- حماية أجزاء الزهرة الداخلية من عوامل الجفاف أو الأمطار أو الرياح
التويج (المحيط الذي يلي الكأس للداخل)	- يتكون من صف واحد أو أكثر من أوراق ملونة تسمى البتلات	- تساعد في حماية الأجزاء الجنسية للزهرة . - جذب الحشرات لإتمام عملية التلقيح
الطلع (عضو التذكير)	- يتكون من أوراق متعددة تسمى الأسدية كل منها مكون من : - خيط يحمل على قمته المتوك - المتك يحتوي على أربعة أكياس من حبوب اللقاح	- إنتاج حبوب اللقاح (الأمشاج المذكرة)
المتاع (عضو التأنيث و يقع في مركز الزهرة)	- يتكون من كربلة واحدة أو أكثر ، قد تلتحم أو تبقى منفصلة . كل كربلة تتكون من : - المبيض : قاعدة الكربلة و هي منتفخة و يحتوي البويضات ، و قد يحتوي على غرفة واحدة أو أكثر . - القلم : عنق رفيع يعلو المبيض و ينتهي بالميسم - الميسم : قرص لزج تلتصق عليه حبوب اللقاح	- إنتاج البويضات (الأمشاج المؤنثة)

لاحظ :

في أزهار نباتات الفلقة الواحدة كالتيوليب و البصل ، يصعب تمييز أوراق الكأس عن التويج ، حينئذٍ يعرف المحيطان الخارجيان **بالغلاف الزهري** .

وظائف الزهرة



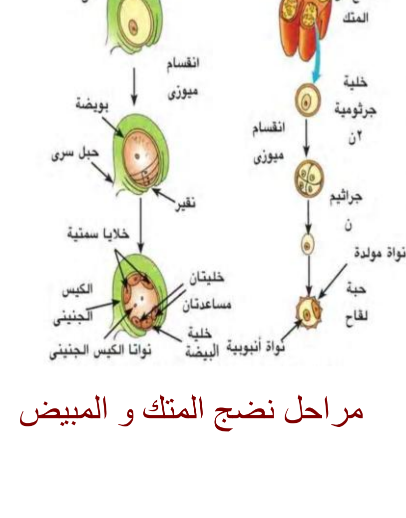
* لكي تقوم الزهرة بوظائفها في التكاثر لاستمرار النوع ، فإنه يجب :

أولاً أن تقوم :

- الأسدية بإعداد حبوب اللقاح .
- المبيض بإعداد البويضات .

ثم تأتي :

- عمليتا التلقيح و الإخصاب .
- تكوين الثمرة و البذور .



مراحل نضج المتك و المبيض

أولاً : تكوين حبوب اللقاح :

* عند فحص قطاع عرضي في متك ناضج لأحد الأسدية كبيرة الحجم كما في الزنبق نشاهد أن المتك يحتوي على أربعة أكياس لحبوب اللقاح.

* **خطوات تكوين حبوب اللقاح :**

- قبل أن تتكون حبوب اللقاح تكون أكياس حبوب اللقاح مليئة بخلايا كبيرة الأنوية تسمى **الخلايا الجرثومية الأمية** التي تحتوي على عدد زوجي من الصبغيات (٢ ن) .
- تنقسم كل خلية من هذه الخلايا انقسامًا ميوزيًا لتكون أربع خلايا بكل منها عدد (ن) من الصبغيات و تسمى **الجراثيم الصغيرة** .
- تتحول الجرثومة الصغيرة إلى حبة لقاح بأن تنقسم النواة ميتوزيًا إلى نواتين تعرف إحداهما **بالنواة الأنبوبية** و الأخرى **بالنواة المولدة** .
- يتغلظ غلاف حبة اللقاح لحمايتها .
- يصبح المتك ناضجًا ، و يتحلل الجدار الفاصل بين كل كيسين متجاورين و تتفتح الأكياس و تصبح حبوب اللقاح جاهزة للانتشار .

ثانياً : تكوين البويضات :

* أثناء تكوين حبوب اللقاح في المتك تحدث تغييرات مناظرة في المبيض كالتالي :

- تبدأ البويضة في الظهور كانتفاخ بسيط على جدار المبيض من الداخل ، و تحتوي على خلية جرثومية أمية كبيرة (٢ ن) .

و مع نمو البويضة :

• يتكون لها **عنق** أو **حبل سري** يصلها بجدار المبيض و من خلاله تصل إليها المواد الغذائية .
• ثم يتكون حولها غلافان يحيطان بها تمامًا فيما عدا ثقب صغير يسمى **النقير** يتم من خلاله إخصاب البويضة .

قطاع في مبيض ناضج

- تنقسم الخلية الجرثومية الأم (٢ ن) ميوزيًا لتعطي صفًا من أربع خلايا بكل منها عدد فردي من الصبغيات (ن) .

- تتحلل ثلاثة من هذه الخلايا ، و تبقى واحدة لتنمو بسرعة و تكون الكيس الجنيني الذي يحيط به نسيج غذائي يسمى **النيوسيلة** .

- **في داخل الكيس الجنيني تتم المراحل التالية :**

١ - تنقسم النواة ميتوزيًا ثلاث مرات لإنتاج ٨ أنوية تهاجر ٤ إلى كل طرف من طرفي الكيس الجنيني .

٢ - تنتقل واحدة من كل من الأربع أنوية السابقة إلى وسط الكيس الجنيني و تعرفان **بالنواتين القطبيتين (نواتي الكيس الجنيني)** .

٣ - تحاط كل نواة من الثلاث الباقية في كل من طرفي الكيس الجنيني بكمية من السيتوبلازم و غشاء رقيق لتكون خلايا .

٤ - تنمو من الثلاث القريبة من النقير واحدة وسطية لتصبح **خلية البيضة** و تعرف الخليتان اللتان على جانبيها بالخليتين المساعدتين كما تعرف الخلايا الثلاث البعيدة عن النقير **بالخلايا السمتية** ، و تصبح خلية البيضة بعد ذلك جاهزةً للإخصاب .

لاحظ : **خلية البيضة** تمثل **المشيج المؤنث** في النباتات الزهرية .

أ - عمليـة التلقيـح :

* هي انتقال حبوب اللقاح من المتك إلى ميسم الزهرة .

* **أنواع التلقيح :**

١ - **تلقيح ذاتي** : انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسم نفس الزهرة أو إلى ميسم زهرة أخرى على نفس النبات .

٢ - **تلقيح خلطي** : انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة على نبات إلى ميسم زهرة على نبات آخر من نفس النوع .

العوامل اللازمة لإتمام التلقيح الخلطي :

١ - أن تكون الأزهار وحيدة الجنس .

٢ - نضج أحد شقي الأعضاء الجنسية قبل الآخر .

٣ - أن يكون مستوى المتك منخفضًا عن مستوى الميسم .

وسائل نقل حبوب اللقاح في التلقيح الخلطي :

- الهواء - الحشرات - الماء - الإنسان

* **أهمية التلقيح :**

١ - يوفر للزهرة الخلايا الذكرية اللازمة لعملية الإخصاب في البويضة التي تكون البذرة .

٢ - يحفز نشاط الأوكسينات اللازمة لنمو المبيض إلى ثمرة ناضجة حتى لو لم يحدث إخصاب .

ب - عملية الإخصاب :

يحدث الإخصاب حسب المراحل التالية :

١ - إنبات حبوب اللقاح :

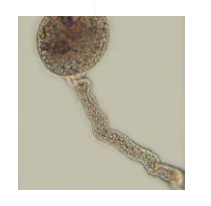
* عندما تسقط حبوب اللقاح على الميسم تبدأ في الإنبات حيث :

- تقوم النواة الأنبوبية بتكوين أنبوبة لقاح تخترق الميسم و القلم و تصل حتى موقع النقير ثم تتلاشى النواة الأنبوبية .

- تنقسم النواة المولدة انقساماً ميتوزيًا فتتكون **نواتان ذكريتان** .

(٣) (٢) (١) سيتوبلازم نواة مولدة جدار سميك نواة أنبوبية نواتان ذكريتان أنبوبة لقاح

مراحل إنبات حبة اللقاح



حبة اللقاح تحت الميكروسكوب

٢ ـ الإخصاب :

- تنتقل نواة ذكرية (ن) من حبة اللقاح إلى البويضة من خلال أنبوبة اللقاح و تندمج مع نواة خلية البيضة (ن) فيتكون الزيجوت (٢ ن) ثم ينقسم مكوناً الجنين (٢ ن) .

٣ ـ الاندماج الثلاثي

- تنتقل النواة الذكرية الثانية (ن) إلى البويضة لتندمج مع النواة الناتجة من اندماج نواتي الكيس الجنيني (٢ ن) لتكوين **نواة الإندوسبرم** (٣ ن) .

و تسمى المرحلتان السابقتان **بالإخصاب المزدوج** .

- تنقسم نواة الإندوسبرم لتعطي نسيج الإندوسبرم لتغذية الجنين في مراحل نموه الأولى و يبقى هذا النسيج خارج الجنين ، فيشغل جزءًا من البذرة .

الإخصاب المزدوج : اندماج إحدى النواتين الذكريتين (ن) من حبة اللقاح مع نواة البيضة (ن) لتكوين الزيجوت (٢ ن) ثم الجنين (٢ ن) ، و اندماج النواة الذكرية الأخرى (ن) مع النواة الناتجة من اندماج نواتي الكيس الجنيني (٢ ن) لتكوين الإندوسبرم (٣ ن) .

نواة ذكرية (ن) + نواة البيضة (ن) ← زيجوت (٢ن) ← جنين (٢ن)

نواة ذكرية (ن) + نواتا الكيس الجنيني (٢ن) ← نواة الإندوسبرم (٣ ن)

عملية الإخصاب

رابعاً: تكوين البذرة و الثمرة

* **البذور نوعان :** - بذور إندوسبرمية - بذور لا إندوسبرمية

البذور الإندوسبرمية	البذور اللاإندوسبرمية
- يحتفظ الجنين بالإندوسبرم و يظل موجودًا . - تلتحم أغلفة المبيض مع أغلفة البويضة لتكوين ثمرة بها بذرة واحدة و تعرف حينئذٍ **بالحبة** . - **مثل** بذور ذات الفلقة الواحدة (القمح و الذرة)	- يتغذى الجنين على الإندوسبرم أثناء تكوينه مما يضطر النبات إلى تخزين غذاء آخر للجنين في فلقتين . - تتصلب الأغلفة البيضية لتكوين القصرة و يطلق عليها **بذرة** . - **مثل** بذور ذات الفلقتين (**كالفول و البسلة**)

* **بعد حدوث الإخصاب يتم ما يلي :**

- يذبل الكأس و التويج و الطلع و القلم و الميسم و لا يبقى من الزهرة سوى مبيضها .
- يختزن المبيض الغذاء و يكبر في الحجم و ينضج و يتحول إلى ثمرة بفعل هرمونات يفرزها المبيض .
- يصبح جدار المبيض غلافًا للثمرة و يصبح جدار البويضة غلافًا للبذرة .
- تتحلل الخليتان المساعدتان و الخلايا السمتية ، و يبقى النقير ليدخل منه الماء إلى البذرة عند الإنبات .

* هناك بعض الثمار تحتفظ بأجزاء من الزهرة مثل :

- ثمرة **الرمان** تبقى بها أوراق الكأس و الأسدية .
- ثمرة **الباذنجان و البلح** يبقى بها أوراق الكأس .
- ثمرة **القرع** يبقى منها أوراق التويج .

لاحظ : عدد الأنوية التي تشترك في تكوين البذرة أو الحبة ٥ أنوية

* يؤدي نضج الثمار و البذور غالبًا إلى تعطيل النمو الخضري للنبات و أحيانًا موته و خاصة في النباتات الحولية **(علل)** بسبب استهلاك المواد الغذائية المختزنة و تثبيط الهرمونات .
* إن لم يتم التلقيح و الإخصاب تذبل الزهرة و تسقط دون تكوين الثمرة .

الثمرة الكاذبة : هي الثمرة التي يتشحم فيها أي جزء غير مبيضها بالغذاء مثل ثمرة التفاح التي يتشحم فيها التخت .

الإثمار العذري : تكوين ثمار بدون بذور لأنها تتكون بدون عملية الإخصاب .

* **أنواعه :**

١ ـ **طبيعي :** كما في الموز و الأناناس .

٢ ـ **صناعي :** يتم كالآتي :

- **برش المياسم بخلاصة حبوب اللقاح (حبوب لقاح مطحونة في الإثير الكحولي) .**
- استخدام أندول أو نافثول حمض الخليك .

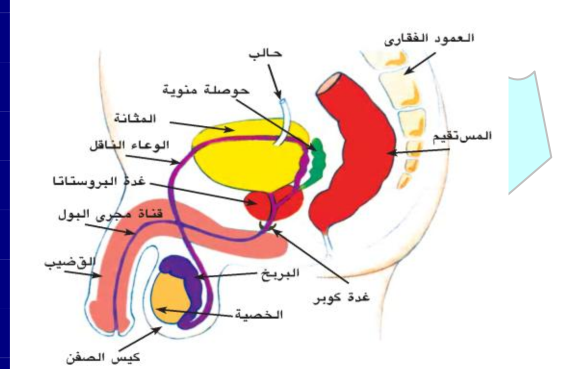
← لتنبيه المبيض لتكوين الثمرة

التكاثر في الإنسان

* ينتمي الإنسان إلى طائفة الثدييات التي تتميز بحمل الجنين حتى الولادة و لذا فإن :

- بويضاتها صغيرة و شحيحة المح **(علل)** و ذلك لأن الجنين في الثدييات يحمل داخل الرحم حتى الولادة و بالتالي لا يعتمد أثناء نموه في تغذيته على مح البويضة و لكن يصله الغذاء من الأم عن طريق المشيمة .
- إنتاجها للصغار محدود **(علل)** نظرًا لما تلقاه من رعاية من الأبوين و تصل هذه الرعاية أقصاها في الإنسان الذي يحتاج وليده إلى سنوات طوال من التربية نظرًا لتقدم عقله و تميز هيئته ، الذي حباه الله و ميزه على سائر المخلوقات .

الجهاز التناسلي الذكري



الجهاز التناسلي الذكري في الإنسان

* **الوظيفة :**

- إنتاج الحيوانات المنوية .
- إنتاج هرمونات الذكورة ، التي تسبب ظهور صفات الرجل الثانوية كخشونة الصوت و قوة العضلات و نمو الشعر على الوجه .... الخ

* **التركيب :**

أ ـ **الخصيتان :**

- يحاطان بكيس الصَّفَن الذي يتدلى خارج تجويف البطن لأن بقائهما في هذا الوضع يهيئ **(علل)** انخفاض درجة حرارتهما عن حرارة الجسم بما يناسب تكوين الحيوانات المنوية بهما و لو تعطل خروجهما لتوقف إنتاج المني فيهما مما يسبب العقم .

لاحظ :

تنتقل الخصيتان من تجويف البطن إلى داخل كيس الصّفَن و هو جنين خلال أشهر الحمل الأخيرة .

أهمية الخصية :

١ ـ إنتاج الحيوانات المنوية .

٢ ـ إفراز هرمون التستوستيرون الذي يؤدي إلى ظهور الصفات الثانوية الذكرية عند البلوغ .

ب ـ البربخان :

ـ كل منهما عبارة عن قناة تلتف حول بعضها ، تخرج من كل الخصية ، و تصب في قناة واحدة تسمى الوعاء الناقل .

وظيفة البربخين : يتم فيها تخزين الحيوانات المنوية .

ج ـ الوعاءان الناقلان :

ـ يقوم كل وعاء بنقل الحيوانات المنوية من البربخ إلى قناة مجرى البول .

د ـ **الحوصلتان المنويتان :**

ـ تفرز سائل قلوي يحتوي على سكر فركتوز **(علل)** لتغذية الحيوانات المنوية .

هـ ـ غدة البروستاتا و غدتا كوبر :

ـ تفرزان سائل قلوي **(علل)** يعمل على معادلة الوسط الحمضي في قناة مجرى البول لكي يصبح وسطًا متعادلاً مناسبًا لمرور الحيوانات المنوية فيه .

لاحظ :

يمر السائل القلوي في قناة مجرى البول قبل مرور الحيوانات المنوية فيها مباشرة .

و ـ القضيب :

ـ عضو يتكون من نسيج إسفنجي تمر فيه قناة مجرى البول .

ـ ينتقل من خلالها البول و الحيوانات المنوية كل على حدة .

دراسة قطاع عرضي في الخصية

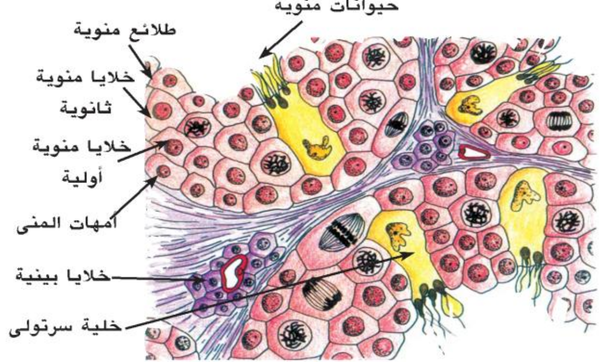
* تتكون الخصية من **أنيبيبات منوية** ، توجد بينها **خلايا بينية** تفرز هرمون التستوستيرون .

* يوجد داخل كل أنيبيبة :

ـ خلايا تسمى **خلايا سرتولي** تفرز سائل يعمل على تغذية الحيوانات المنوية داخل الخصية و يعتقد أن لها وظيفة مناعية أيضًا.

ـ خلايا مبطنة لكل أنيبيبة تسمى **خلايا جرثومية أمية** (٢ ن) تنقسم و تُكون في النهاية الحيوانات المنوية .





قطاع عرضي في الخصية

مراحل تكوين الحيوانات المنوية :

* تمر عملية تكوين الحيوانات المنوية بأربع مراحل وهي :

المرحلة	الوصف	
مرحلة التضاعف	- يحدث فيها **انقسام ميتوزي** عدة مرات للخلايا الجرثومية الأمية (٢ ن) . - ينتج عن هذا الانقسام عدد كبير من الخلايا تسمى **أمهات المَنِيِّ** (٢ ن) .	مرحلة التضاعف خلية جرثومية أمية (٢ن) إنقسام ميتوزى أمهات المنى (٢ن)
مرحلة النمو	- فيها تختزن أمهات المني قدرًا من الغذاء و تتحول إلى **خلايا منوية أولية** (٢ ن) .	مرحلة النمو خلايا منوية أولية (٢ن) أنقسام ميوزى أول
مرحلة النضج	- يحدث فيها " **انقسام ميوزي أول** " للخلايا المنوية الأولية (٢ ن) فتعطي **خلايا منوية ثانوية** (ن) . - تنقسم الخلايا المنوية الثانوية " **انقسام ميوزي ثان** " فتعطي **طلائع منوية** (ن).	مرحلة النضج خلايا منوية ثانوية (ن) انقسام ميوزي ثاني طلائع منوية (ن)
مرحلة التشكل النهائي	- فيها تتحول الطلائع المنوية إلى **حيوانات منوية** .	مرحلة التشكل النهائي حيوانات منوية (ن)

لاحظ :
يحدث اختزال في عدد الصبغيات إلى النصف في مرحلة النضج


حيوانات منوية تحت المجهر

تركيب الحيوان المنوي

يتكون الحيوان المنوي من :

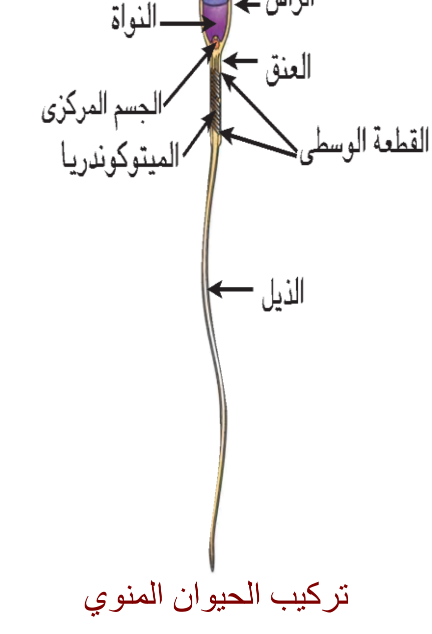
أ ـ **الرأس :** تحتوي على :

ـ **نواة** : بها ٢٣ كروموسوم .

ـ **جسم قمي** : يوجد في مقدمة الرأس يفرز إنزيم الهيالويورنيز الذي يعمل على إذابة جزء من غلاف البويضة مما يسهل عملية الاختراق .



ب ـ العنق :
يحتوي سنتريولين يلعبان دورًا في انقسام البويضة المخصبة .
ج ـ القطعة الوسطى :
تحتوي ميتوكوندريا تكسب الحيوان المنوي الطاقة اللازمة لحركته .
د ـ الذيل :
- يتكون من محور و ينتهي بقطعة ذيلية .
- يساعد على حركة الحيوان المنوي .



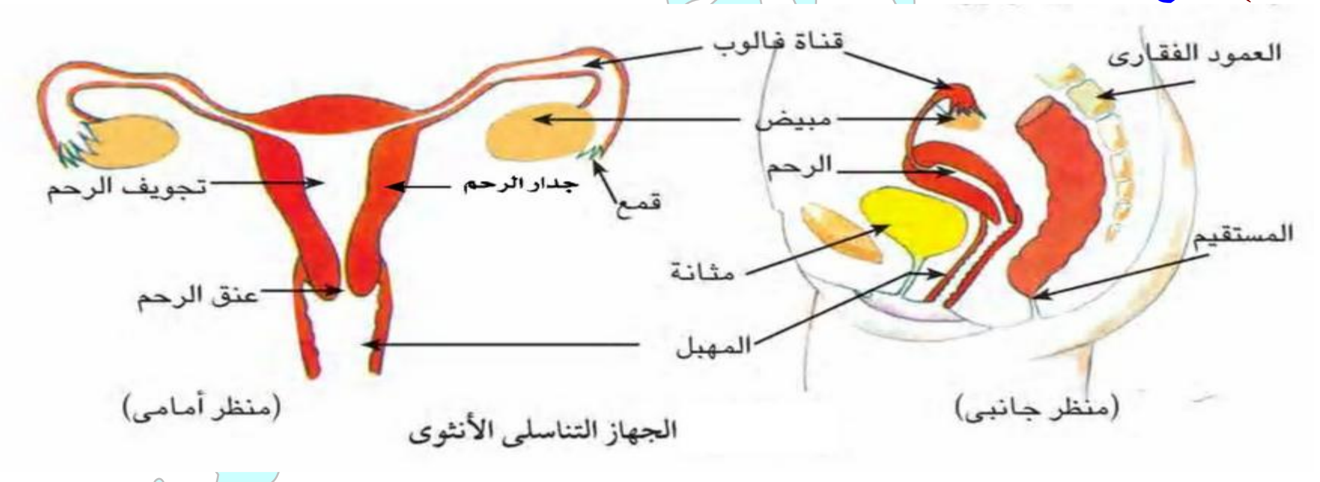
تركيب الحيوان المنوي

الجهاز التناسلي الأنثوي

* **التركيب :** يتكون من المبيضين و قناتي فالوب و الرحم و المهبل .

* **الوظيفة :**
- إنتاج البويضات .   - إنتاج هرمونات الأنوثة .
- تهيئة مكان أمين لإتمام إخصاب البويضة .
- إيواء الجنين حتى الولادة .

* **الموقع :**
- تتجمع أعضاء هذا الجهاز في منطقة الحوض خلف المثانة ، و تتثبت في مكانها بأربطة مرنة (**علل**) تسمح لها بالتمدد أثناء حمل الجنين .



الجهاز التناسلى الأنثوى

أ ـ المبيضان :
- يوجدان على جانبي تجويف الحوض .
- المبيض بيضاوي الشكل في حجم اللوزة المقشورة .
- يحوي المبيض أثناء الطفولة عدة آلاف من البويضات في مراحل نمو مختلفة ، و بعد البلوغ تنضج من تلك الآلاف ٤٠٠ بويضة فقط خلال سنوات الخصوبة و الإنجاب التي تستمر حوالي ٣٠ سنة بعد البلوغ ، و ذلك بمعدل بويضة واحدة من أحد المبيضين بالتبادل مع الآخر شهريًا .

* **أهمية المبيض :**
- إنتاج البويضات
- إفراز هرمونات البلوغ و هرمونات تنظيم دورة الطمث و تكوين الجنين .

ب ـ قناتا فالوب :

* تفتح كل قناة منهما بواسطة قمع :

- يقع مباشرة أمام المبيض **(علل)** لضمان سقوط البويضة في قناة فالوب .

- به زوائد أصبعية **(علل)** تعمل على التقاط البويضة .

* تبطن قناة فالوب بأهداب **(علل)** تعمل على توجيه البويضات نحو الرحم .

ج ـ الرحم :

* كيس عضلي مرن يوجد بين عظام الحوض و مزود بجدار عضلي سميك قوي ، و يبطن بغشاء غدي ، و ينتهي بعنق يفتح في المهبل .

* **أهمية الرحم :**

- يتم بداخله تكوين الجنين لمدة تسعة أشهر .

د ـ المهبل :

* قناة عضلية طولها حوالي ٧ سم ، تبدأ من عنق الرحم و تنتهي بالفتحة التناسلية .

* مبطن بغشاء يفرز سائل مخاطي **(علل)** يعمل على ترطيب المهبل .

* به ثنيات **(علل)** تسمح بتمدده خاصة أثناء خروج الجنين .

لاحظ :

- تتغير حالة الجهاز التناسلي للأنثى بصفة دورية بعد البلوغ (عند عمر ١٢ ـ ١٥ سنة) تبعًا لنشاط المبيض و الرحم و ما يرتبط بهما من إخصاب و حمل أو عدم حدوث حمل و نزول النزيف الشهري المعروف بالطمث .

- عند عمر ٤٥ ـ ٥٠ سنة يتوقف نشاط المبيضين فتقل الهرمونات و تنكمش بطانة الرحم و يتوقف حدوث الطمث .

دراسة قطاع عرضي في المبيض :

* يلاحظ من دراسة القطاع العرضي في المبيض يتضح أن :

- المبيض يتكون من مجموعة من الخلايا في مراحل نمو مختلفة.

- البويضة تكون داخل حويصلة جراف .

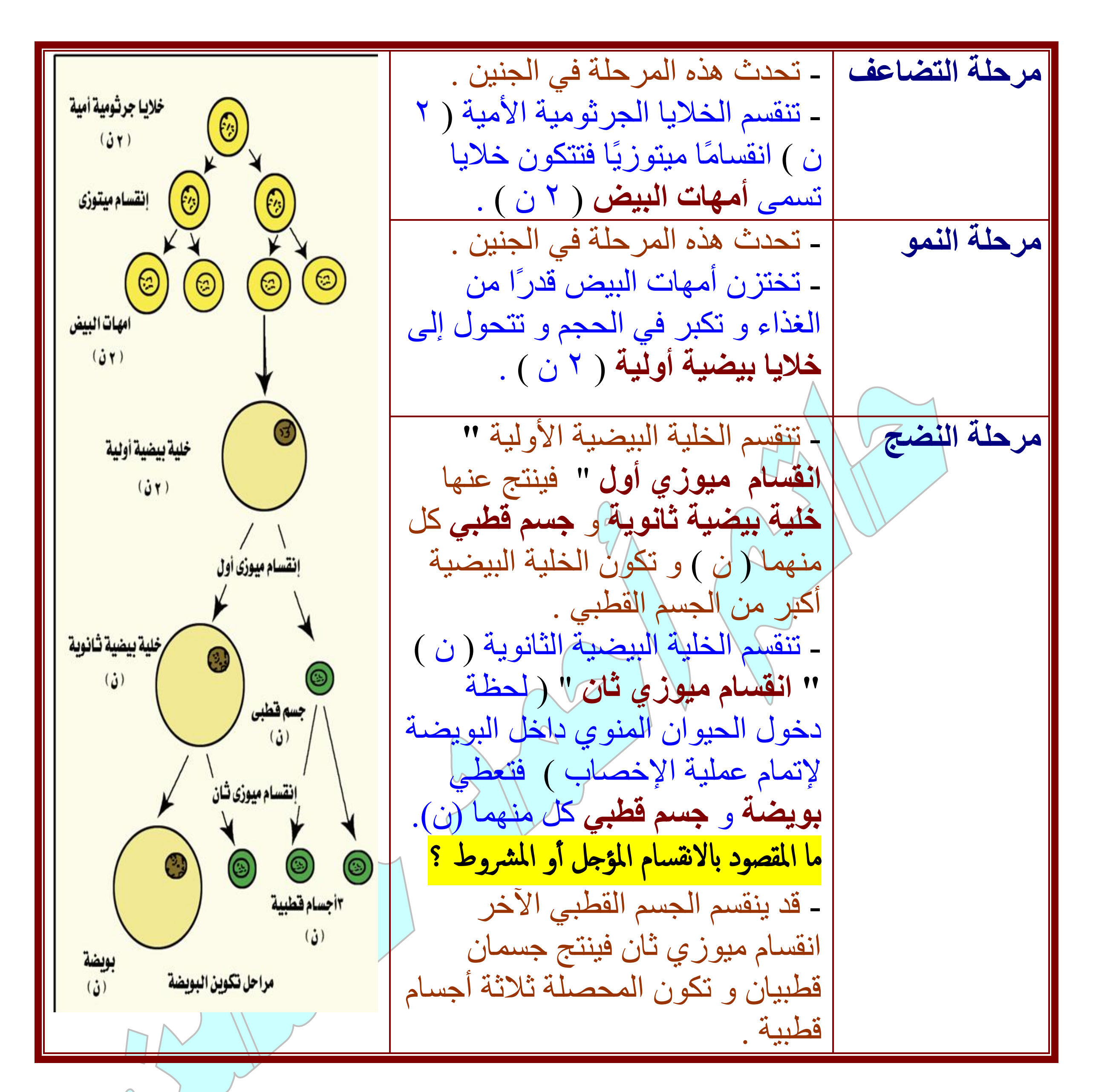
- تتحول حويصلة جراف إلى جسم أصفر بعد تحرر البويضة منها .



قطاع عرضي في المبيض

مراحل تكوين البويضة :

تتم عملية تكوين البويضة في ثلاث مراحل و هي :



المرحلة	الوصف
مرحلة التضاعف	- تحدث هذه المرحلة في الجنين . - تنقسم الخلايا الجرثومية الأمية (٢ ن) انقسامًا ميتوزيًا فتتكون خلايا تسمى **أمهات البيض** (٢ ن) .
مرحلة النمو	- تحدث هذه المرحلة في الجنين . - تختزن أمهات البيض قدرًا من الغذاء و تكبر في الحجم و تتحول إلى **خلايا بيضية أولية** (٢ ن) .
مرحلة النضج	- تنقسم الخلية البيضية الأولية " **انقسام ميوزي أول** " فينتج عنها **خلية بيضية ثانوية** و **جسم قطبي** كل منهما (ن) و تكون الخلية البيضية أكبر من الجسم القطبي . - تنقسم الخلية البيضية الثانوية (ن) " **انقسام ميوزي ثان** " (لحظة دخول الحيوان المنوي داخل البويضة لإتمام عملية الإخصاب) فتعطي **بويضة** و **جسم قطبي** كل منهما (ن). **ما المقصود بالانقسام المؤجل أو المشروط ؟** - قد ينقسم الجسم القطبي الآخر انقسام ميوزي ثان فينتج جسمان قطبيان و تكون المحصلة ثلاثة أجسام قطبية .

(علل) تكون جسم قطبي في بداية مرحلة النضج أثناء تكوين البويضة .

للتخلص من نصف عدد الصبغيات و تكون البويضة الناتجة فيما بعد أحادية المجموعة الصبغية (ن) .

تركيب البويضة

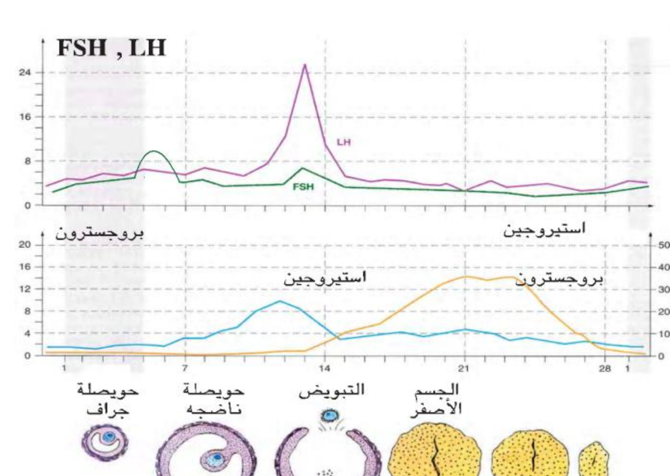
- تحتوي البويضة سيتوبلازم و نواة .
- تغلف بطبقة رقيقة متماسكة بفعل **حمض الهيالويورنيك** ، و تعمل إنزيمات الجسم القمي للحيوانات المنوية على إذابتها عند موضع الاختراق . لذا تحتاج عملية اختراق البويضة لملايين من الحيوانات المنوية .

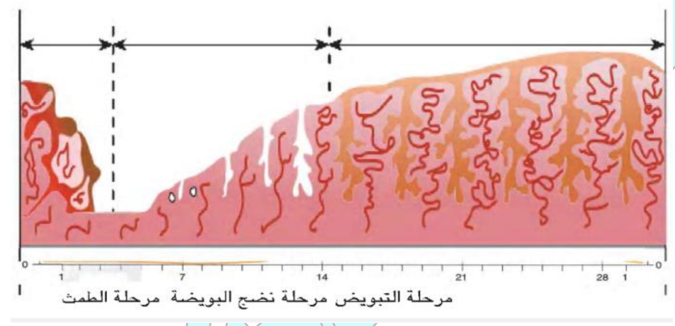
دورة التــزاوج

* **دورة التزاوج :** فترات معينة في حياة الثدييات المشيمية ينشط فيها المبيض في الأنثى البالغة بصفة دورية منتظمة ، تتزامن مع وظيفة التزاوج و الإنجاب .

* تختلف مدة دورة التزاوج في الثدييات المختلفة ، فهي :

- **سنوية :** كما في الأسد و النمر .
- **نصف سنوية :** كما في القطط و الكلاب .
- **شهرية :** كما في الأرانب و الفئران .
- **كل ٢٨ يوماً :** كما في الإنسان و تعرف باسم الدورة الشهرية (دورة الطمث) ، و يتبادل المبيضان في إنتاج البويضات .





دورة الطمث (الحيض)

* تنقسم دورة الحيض إلى ثلاث مراحل كما يلي :

أ ـ مرحلة نضج البويضة :

* يفرز الفص الأمامي للغدة النخامية هرمون التحوصل FSH الذي يحفز المبيض لإنضاج حويصلة جراف المحتوية على البويضة .
* يستغرق نمو حويصلة جراف حوالي عشرة أيام .
* تفرز حويصلة جراف أثناء نموها هرمون الإستروجين الذي يعمل على إنماء بطانة الرحم .

ب ـ مرحلة التبويض :

* تبدأ عندما يفرز الفص الأمامي للغدة النخامية الهرمون المصفر LH و يفرز هذا الهرمون في اليوم الرابع عشر من بدء الطمث ، و يؤدي إلى انفجار حويصلة جراف و تحرر البويضة و تكون الجسم الأصفر من بقايا حويصلة جراف .
* يفرز الجسم الأصفر هرمون البروجسترون الذي يعمل على زيادة سمك بطانة الرحم و زيادة الإمداد الدموي بها .
* يستمر هذا الطور حوالي ١٤ يوماً .

ج ـ مرحلة الطمث :

* **إذا لم تخصب البويضة :**

- يبدأ الجسم الأصفر في الضمور التدريجي و يقل إفراز هرمون البروجسترون ، و يؤدي ذلك إلى تهدم بطانة الرحم و تمزق الشعيرات الدموية بسبب انقباضات الرحم مما يؤدي إلى خروج الدم فيما يسمى بالطمث الذي يستغرق من ٣ ـ ٥ أيام ، و تبدأ دورة جديدة للمبيض الآخر .

*** في حالة حدوث إخصاب للبويضة :**

- يبقى الجسم الأصفر ليفرز هرمون البروجسترون بما يمنع التبويض فتتوقف الدورة الشهرية لما بعد الولادة .
- يصل الجسم الأصفر لأقصى نموه في **نهاية الشهر الثالث** للحمل ثم يبدأ في الانكماش في **الشهر الرابع** ، حينما تكون المشيمة قد تقدم نموها في الرحم و تصبح قادرةً على إفراز هرمون البروجسترون فتحل محل الجسم الأصفر في إفراز هذا الهرمون .
- هرمون البروجسترون ينبه الغدد الثديية على النمو التدريجي .
- تحلل الجسم الأصفر قبل الشهر الرابع (أي قبل اكتمال نمو المشيمة) يؤدي إلى الإجهاض .

إخصاب البويضة



الإخصاب

* اندماج المشيج المذكر (الحيوان المنوي) مع المشيج المؤنث (البويضة) لتكوين الزيجوت الذي ينقسم مكونًا الجنين .

* بعد تحرر البويضة في اليوم الرابع عشر من بدء الطمث تكون جاهزةً للإخصاب لمدة يومين ، و يتم إخصابها في الثلث الأول من قناة فالوب .

* عدد الحيوانات المنوية التي تخرج من الرجل في كل تزاوج يتراوح ما بين ٣٠٠ـ ٥٠٠ مليون حيوان منوي يفقد منها الكثير أثناء رحلتها إلى البويضة ، و لذلك قد يعتبر الرجل عقيمًا إذا كان عدد الحيوانات المنوية عند التزاوج أقل من ٢٠ مليون حيوان منوي .

* تشترك الحيوانات المنوية معًا في إفراز إنزيم الهيالويورنيز الذي يذيب جزءًا من غلاف البويضة فيدخل حيوان منوي واحد (يدخل الرأس و العنق فقط) .

علل : تحتاج عملية إخصاب البويضة إلى عدة ملايين من الحيوانات المنوية .

علل : يعتبر الرجل عقيمًا إذا كان عدد الحيوانات المنوية عند التزاوج أقل من ٢٠ مليون حيوان منوي .

* بعد الإخصاب تحيط البويضة نفسها بغلاف يمنع دخول أي حيوان منوي آخر .

* يمكن للحيوانات المنوية أن تبقى حية داخل الجهاز التناسلي المؤنث حوالي ٢ ـ ٣ يوم .

الحمل و نمو الجنين

* **بعد يوم واحد من الإخصاب :** تنقسم اللاقحة (الزيجوت) ميتوزيًا في بداية قناة فالوب إلى خليتين (فلجتين) .

* **في اليوم التالي :** تتضاعف الخليتان لأربع خلايا ، ثم يتكرر الانقسام حتى تتحول إلى كتلة من الخلايا الصغيرة تعرف باسم **التوتية** .

* **في نهاية الأسبوع الأول :** تهبط التوتية بدفع أهداب قناة فالوب لها لتصل إلى الرحم و تنغمس بين ثنايا بطانة الرحم السميكة .

* يتزايد نمو الجنين ، و يتدرج بناء الأنسجة و تكوين الأعضاء و ينشأ حول الجنين غشاء .



تفلج البويضة المخصبة

لاحظ :

تتميز بطانة الرحم بالإمداد الدموي اللازم لتكوين الجنين طوال أشهر الحمل التسعة .

الأغشية الجنينية

* تشمل الأغشية الجنينية غشاءين :

- الداخلي يسمى **الرهل** .		- الخارجي يسمى **السَّلَي** .

- غشاء الرهل :

* هو غشاء يحيط بالجنين و يحتوي على سائل يحمي الجنين من الجفاف و يساعده على تحمل الصدمات .

ب - غشاء السَّلَي :

* هو غشاء يحيط بغشاء الرهل ، و وظيفته حماية الجنين .

* يخرج من غشاء السلي بروزات أو خملات أصبعية الشكل تنغمس داخل بطانة الرحم و تتلامس فيها الشعيرات الدموية لكل من الجنين و الأم و تسمى **المشيمة** .

* **أهمية المشيمة :**

١ - **نقل المواد الغذائية المهضومة و الماء و الأكسجين و الفيتامينات من دم الأم إلى الجنين بالانتشار .**

٢ - تخلص الجنين من المواد الإخراجية .

} دون أن يختلط دم الجنين بدم الأم

٣ - إفراز هرمون البروجسترون بدءًا من الشهر الرابع من الحمل حيث يضمر الجسم الأصفر و تصبح المشيمة هي مصدر إفراز هرمون البروجسترون .

٤ – تفرز هرمون الريلاكسين الذي يسبب ارتخاء الارتفاق العاني و يزيد إفرازه عند نهاية فترة الحمل لتسهيل عملية الولادة .

ملحوظة : تنقل المشيمة العقاقير و المواد الضارة مثل الكحول و النيكوتين و الفيروسات من دم الأم إلى الجنين ، مما يسبب له أضرارًا بالغة و تشوهات و أمراض .

لاحظ :

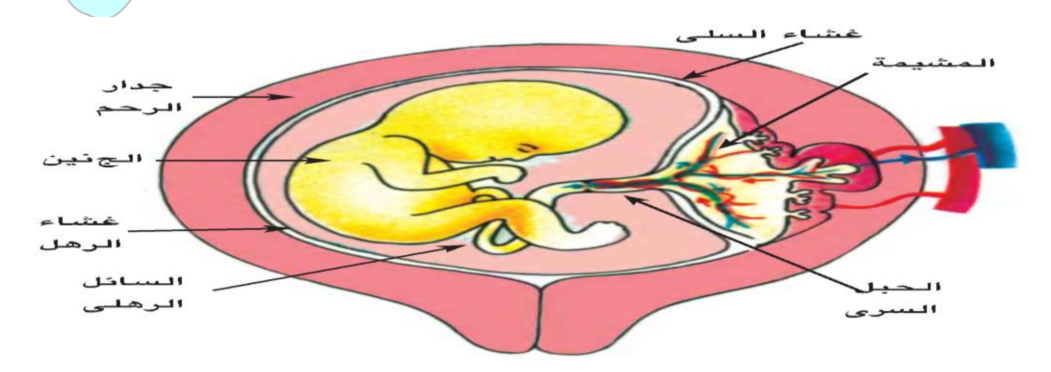
* يتصل الجنين بالمشيمة بواسطة الحبل السري .

- **الحبل السري** : نسيج غني بالشعيرات الدموية ينقل :

١ - المواد الغذائية المهضومة و الفيتامينات و الماء و الأملاح و الأكسجين من المشيمة للدورة الدموية للجنين .

٢ - المواد الإخراجية و ثاني أكسيد الكربون من الدورة الدموية للجنين إلى المشيمة .

* يصل طول الحبل السري حوالي ٧٠ سم ليسمح بحرية حركة أكبر للجنين .



الجنين و الأغشية الجنينية

مراحل تكوين الجنين

* تنقسم فترة تكوين الجنين إلى ثلاث مراحل هي :

المرحلة	الوصف	
المرحلة الأولى	* تشمل الشهور الثلاثة الأولى من الحمل ، حيث : - يبدأ تكوين الجهاز العصبي و القلب (في الشهر الأول) . - تتميز العينان و اليدان . - يتميز الذكر عن الأنثى (تتكون الخصيتان في الأسبوع السادس و يتكون المبيضان في الأسبوع الثاني عشر) . - يكون له القدرة على الاستجابة .	
المرحلة الثانية	* تشمل الشهور الثلاثة الوسطى ، حيث : - يكتمل نمو القلب و تسمع دقاته . - يتكون الجهاز العظمي . - تكتمل أعضاء الحس . - يزداد نمو الجنين في الحجم.	
المرحلة الثالثة	* تشمل الشهور الثلاثة الأخيرة ، حيث : - يكتمل نمو المخ . - يستكمل نمو باقي الأجهزة الداخلية . - يتباطأ نمو الجنين في الحجم .	

* في الشهر التاسع يبدأ تفكك المشيمة و يقل البروجسترون و يقل تماسك الجنين بالرحم استعدادًا لعملية الولادة .

(فسر) يقل تماسك الجنين بالرحم في الشهر التاسع من الحمل .

بسبب تفكك المشيمة و قلة البروجسترون فيقل تماسك الجنين بالرحم استعدادًا لعملية الولادة .

* ثم يبدأ المخاض بانقباض عضلات الرحم بشكل متتابع مما يدفع الجنين إلى الخارج ، و يبدأ بصرخة يعمل على أثرها جهازه التنفسي .

* ثم تنفصل المشيمة من جدار الرحم و تطرد للخارج .

* ثم يقطع الحبل السري من جهة المولود ، و يتحول غذاؤه إلى لبن الأم بتنبيه هرموني من الغدة النخامية إلى ثدي الأم .

- لبن الأم أثمن غذاء جسدي و عاطفي للوليد ، ويحميه من كثير من الاضطرابات العضوية و النفسية في المستقبل .

لاحظ :

* عمر الأنثى المناسب للحمل ما بين ١٨ و ٣٥ سنة ، فإذا قل أو زاد عن ذلك تعرض كل من الأم و الجنين لمتاعب خطيرة ، كما تزداد احتمالات التشوه الخلقي بين أبنائها ، كما أن الإنجاب من زوج مسن قد يؤدي لنفس النتيجة في الأبناء .

* تختلف مدة الحمل باختلاف نوع الكائن فهي :

– ٢١ يومًا في الفأر – ١٥٠ يومًا في الأغنام – ٢٧٠ يومًا في الإنسان

وسائل منع الحمل

* يتم منع الحمل بعدة طرق ، و هي :

١ ـ الأقراص :

– تحتوي على هرمونات صناعية تشبه الإستروجين و البروجسترون .

– تمنع التبويض .

– يبدأ استخدامها بعد انتهاء الطمث و لمدة ثلاثة أسابيع .

٢ – اللولب :

– يستقر في الرحم فيمنع استقرار البويضة المخصبة في بطانته .

٣ – الواقي الذكري :

– يمنع دخول الحيوانات المنوية إلى المهبل .

٤ – التعقيم الجراحي :

– **في المرأة :** عن طريق ربط قناتي فالوب أو قطعهما فلا يحدث إخصاب للبويضات التي ينتجها المبيض .

– **في الرجل :** بربط الوعاءين الناقلين أو قطعهما فلا تخرج خلالها الحيوانات المنوية .

تعدد المواليد

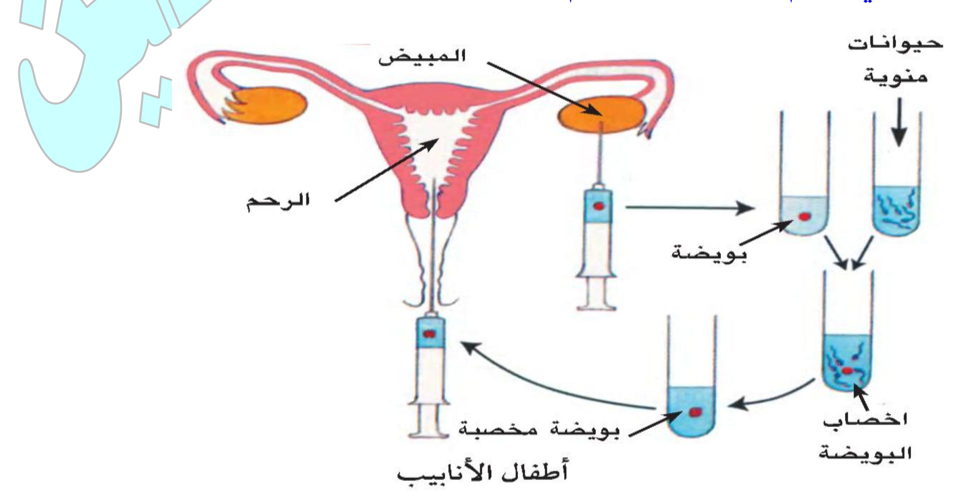
* عادةً ما يولد جنين واحد في كل مرة ، و في بعض الأحيان تتعدد المواليد حتى ستة في نفس الوقت ، لكن أكثرها شيوعًا هي التوائم الثنائية ، حيث نسبتها ١: ٨٦ ولادة فردية ، و تندر التوائم المتعددة .

*** هناك نوعان من التوائم :**

النوع	الخصائص	
التوائم المتآخية (غير المتماثلة)	- تحدث نتيجة تحرر بويضتين (من مبيض واحد أو كليهما) و إخصاب كل منهما بحيوان منوي على حدة فيتكون جنينان . - الجنينان مختلفان وراثيًا . - لكل منهما كيس جنيني و مشيمة مستقلة - هما لا يزيدان عن كونهما شقيقين لهما نفس العمر .	
التوائم المتماثلة (أحادية اللاقحة)	- تنتج من بويضة واحدة مخصبة بحيوان منوي واحد ، و أثناء تفلجها تنقسم إلى جزأين ، كل جزء منهما يكون جنينًا . - يكونا متطابقين تمامًا في جميع الصفات الوراثية . - تجمعهما مشيمة واحدة . - قد يولد هذا التوأم ملتصقين في مكان ما بالجسم فيعرف بالتوأم السيامي و يتم الفصل بينهما جراحيًا في بعض الحالات.	

أطفال الأنابيب

* يتم فصل بويضة من مبيض المرأة و إخصابها بحيوان منوي من زوجها داخل أنبوبة اختبار .
* يتم رعاية البويضة المخصبة في وسط مغذي حتى تصل إلى مرحلة التوتية .
* يعاد زراعة التوتية في رحم الزوجة حتى يتم اكتمال تكوين الجنين .



زراعة الأنوية

* أجريت تجارب زراعة الأنوية في الضفادع و الفئران ، حيث يتم :
- إزالة الأنوية من خلايا أجنة الضفدعة في مراحل مختلفة من النمو .
- زراعة هذه الأنوية في بويضات غير مخصبة للضفادع سبق نزع أنويتها أو تحطيمها بالإشعاع
- مضت كل منها في النمو العادي إلى أفراد ينتمون في صفاتهم للأنوية المزروعة .
* ثبت من ذلك أن النواة التي جاءت من خلية من جنين متقدم لا تختلف في قدرتها على توجيه نمو الجنين عن نواة اللاقحة نفسها .

بنوك الأمشاج

* توجد في بعض دول أوربا و أمريكا بنوك للأمشاج الحيوانية و خاصة الماشية و الخيول **(علل)** بهدف الحفاظ عليها و الإكثار منها وقت الحاجة .
* تحفظ هذه الأمشاج في حالة تبريد شديد (- ١٢٠ ْم) لمدة تصل إلى ٢٠ سنة ، تستخدم بعدها في التلقيح الصناعي حتى بعد وفاة أصحابها أو تعرض بعض الأنواع النادرة منها للانقراض .
* كما يرغب بعض الناس في الاحتفاظ بأمشاجهم في تلك البنوك ضمانًا لاستمرار أجيالهم حتى بعد وفاتهم بسنوات طويلة .
* تجرى بحوث للتحكم في جنس المواليد في حيوانات المزرعة حيث :
- يمكن فصل الحيوانات المنوية ذات الصبغي (X) من الأخرى ذات الصبغي (Y) بوسائل معملية كالطرد المركزي أو تعريضها لمجال كهربي محدود .
- ذلك بهدف تطبيق تلك التقنيات على الماشية لإنتاج :
  • ذكور فقط من أجل إنتاج اللحوم .
  • إناث فقط لإنتاج الألبان و التكاثر
  } حسب الحاجة

---

* **الخلايا التي تحتوي على (ن) كروموسوم :**
- **في ذكر الإنسان :** الخلايا المنوية الثانوية / الطلائع المنوية / الحيوانات المنوية
- **في أنثى الإنسان :** الخلايا البيضية الثانوية / البويضة / الجسم القطبي
- **في النباتات الزهرية :** النواة المولدة / النواة الأنبوبية / النواتان الذكريتان / البيضة / الخلايا المساعدة / الخلايا السمتية / النواتان القطبيتان / الجراثيم الصغيرة
- **في نبات الفوجير :** النبات المشيجي / السابحات المهدبة / البويضات / الجراثيم
- **في البلازموديوم :** كل الأطوار (ن) ماعدا الزيجوت (اللاقحة) و الطور الحركي
- **في ذكر نحل العسل :** الخلايا الجسدية / الحيوانات المنوية
- **في أنثى نحل العسل :** البويضات (ن) / الخلايا الجسدية (٢ ن)
- **في الإسبيروجيرا :** خلايا الطحلب (ن) / اللاقحة الجرثومية (٢ ن)
- **في حشرة المن :** الخلايا الجسدية و البويضات (٢ ن)
* **أمشاج تنتج بالانقسام الميتوزي :** بويضات المن / أمشاج البلازموديوم / أمشاج الفوجير / الحيوانات المنوية في ذكر نحل العسل .
* **انقسام ميوزي لا ينتج عنه تكوين أمشاج :** اللاقحة الجرثومية للإسبيروجيرا / الطور الحركي للبلازموديوم / تكوين الجراثيم في الفوجير .

الفصل الرابع
المناعة في الكائنات الحية

المصادر التي تهدد حياة الكائنات الحية :

مصادر حيوية	مصادر غير حيوية
الحشرات والأوليات الحيوانية والفطريات والبكتريا والفيروسات	الحوادث والكوارث الطبيعية واختلال عناصر البيئة المحيطة

في المقابل فإن كل نوع من أنواع الكائنات الحية يطور من آليات الدفاع عن نفسه من أجل البقاء .

آليات دفاع الكائنات الحية عن نفسها :

١ – تغيير اللون بغرض التمويه .

٢ – إفراز السموم لقتل الكائن الآخر .

٣ – الجري للهروب .

لهذا فإن الكائنات الحية في صراع دائم ما يهدد حياتها من أخطار لذا فقد وهب الله هذه الكائنات طرق دفاعية متقنة ، و هذه الطرق يتم تغييرها لمواجهة أساليب العدو المختلفة .

المناعة : مقدرة الجسم من خلال الجهاز المناعي على مقاومة مسببات المرض عن طريق :

– منع دخول مسببات المرض إلى جسم الكائن الحي

– مهاجمة مسببات المرض والأجسام الغريبة والقضاء عليها عند دخولها جسم الكائن الحي .

أنظمة الجهاز المناعي :

١ – المناعة الفطرية أو الموروثة

٢ – المناعة المكتسبة أو التكيفية

لاحظ :

هذان النظامان المناعيان يعملان بتعاون وتنسيق مع بعضهما إذ أن المناعة الفطرية أساسية لأداء المناعة المكتسبة عملها بنجاح والعكس صحيح . وهذا الترابط يسمح للجسم بالتعامل مع الكائنات الممرضة .

المناعة في النبات

مسببات المرض والموت عند النباتات

مسببات المرض والموت	أمثلة	الأضرار
الأعداء الخطرة	حيوانات الرعي – الحشرات – الفطريات – البكتريا – الفيروسات	تسبب أضرارًا بالغةً قد تودي بحياة النبات أو ينشأ عنها أمراض خطيرة .
الظروف غير الملائمة	الحرارة العالية – البرودة الزائدة – نقص أو زيادة الماء – نقص العناصر الغذائية – التربة غير الملائمة	تسبب أضرارًا بالغةً يمكن تلافيها أو علاجها بزوال السبب .
المواد السامة	الدخان والأبخرة السامة – المبيدات الحشرية – الصرف الصحي غير المعامل و الذي يتدفق من المصانع وغيرها إلى الأنهار ومياه الري	تسبب أضرارًا بالغةً يمكن تلافيها أو علاجها بزوال السبب ، و إن كان بعضها قد يكون قاتلاً للنبات .

طرق المناعة في النبات

تحمى النباتات نفسها من الكائنات المسببة للمرض من خلال طريقين **هما** :

١ – المناعة التركيبية (خط الدفاع الأول) : تراكيب يمتلكها النبات .

٢ – المناعة البيوكيميائية (خط الدفاع الثاني) : إفراز مواد كيميائية .

الوسائل التي يستعملها و يستحدثها الإنسان لحماية النبات من الإصابة :

١ – استعمال مبيدات الأعشاب الضارة .

٢ – مقاومة الحشرات بطرق مختلفة .

٣ – حث النباتات على مقاومة الأمراض النباتية فيما يعرف بالمناعة المكتسبة .

٤ – إنتاج سلالات نباتية مقاومة للأمراض والحشرات من خلال **التربية النباتية** أو **استخدام الهندسة الوراثية** .

لاحظ :

تنتقل مركبات تنشيط الحماية والمقاومة من خلية إلى أخرى وبطريقة منتظمة من خلال جهاز النقل في النباتات الذي يقابل الأوعية الدموية في الحيوانات.

أولاً : المناعة التركيبية (خط الدفاع الأول) :

* عبارة عن حواجز طبيعية تمنع المسببات المرضية من الدخول إلى النبات وانتشاره بداخله.

* تشمل نوعين هما :

أ – الوسائل المناعية التركيبية الموجود سلفًا (أصلاً) في النبات :

و تتمثل في الآتي :

١ – الأدمة الخارجية لسطح النبات :

* تمثل حائط الصد الأول في المقاومة .

* قد تتغطى بالآتي :

– طبقة شمعية فلا يستقر عليها الماء ، وبالتالي لا تتوافر البيئة الصالحة لنمو الفطريات وتكاثر البكتيريا .

– الشعيرات تمنع تجمع الماء وبذلك تقل فرص الإصابة بالأمراض .

– الأشواك تمنع حيوانات الرعي أن تتغذى عليها .

٢ – الجدار الخلوي :

* يمثل الجدار الخلوي الواقي الخارجي للخلايا وخاصة طبقة البشرة الخارجية .

* يتركب أساسًا من السليلوز وبعد تغلظه يدخل في تركيبه اللجنين مما يجعله صلبًا يصعب على الكائنات الممرضة اختراقه.

(ب) الوسائل المناعية التركيبية الناتجة كاستجابة للإصابة بالكائنات الممرضة :

وتتمثل في الآتي :

١ – تكوين الفللين :

* يتكون الفللين لكي يعزل المناطق التي تعرضت للقطع أو التمزق لمنع دخول الكائن الممرض للنبات.

* **من أسباب التمزق في النبات :**

- نمو النبات في السمك - جمع الثمار - سقوط الأوراق في الخريف - تعدى الإنسان والحيوان

٢ - تكوين التيلوزات :

*عبارة عن نموات زائدة تنشأ نتيجة تمدد الخلايا البارانشيمية المجاورة لقصيبات الخشب وتمتد داخلها من خلال النقر.

* وهى تتكون نتيجة تعرض الجهاز الوعائي للقطع أو للغزو من الكائنات الممرضة . حتى تعيق تحرك هذه الكائنات إلى الأجزاء الأخرى في النبات.

٣- ترسيب الصموغ :

تفرز النباتات المصابة بجروح أو قطوع مادة الصمغ حول مواضع الإصابة حتى تمنع دخول الميكروبات داخل النبات .

٤- تراكيب مناعية خلوية :

* تحدث بعض التغيرات الشكلية في النبات نتيجة لغزو الكائنات الممرضة للنبات .

* ومن أمثلتها:

- انتفاخ الجدر الخلوية لخلايا كل من البشرة وتحت البشرة أثناء الاختراق المباشر للكائن الممرض مما يؤدى إلى تثبيط اختراقه لتلك الخلايا.

- إحاطة خيوط الغزل الفطري المهاجمة للنبات بغلاف عازل يمنع انتقاله من خلية إلى أخرى .

٥- التخلص من النسيج المصاب (الحساسية المفرطة) :

* حيث يقتل النبات بعض أنسجته ليمنع انتشار الكائن الممرض منها إلـى أنسـجته السـليمة وبالتالي يتخلص النبات من الكائن الممرض بموت النسيج المصاب .

ثانياً : المناعة البيوكيميائية :

وتتضمن الآليات المناعية التالية :

١- المستقبلات التي تدرك وجود الميكروب وتنشط دفاعات النبات :

* هذه المركبات توجد في النباتات السليمة والمصابة على حد سواء إلا أن تركيزها يزيد فـي النباتات عقب الإصابة .

* وظيفتها : تحفيز وسائل جهاز المناعة الموروثة في النبات .

٢– مواد كيميائيه مضادة للكائنات الدقيقة :

* تقوم بعض النباتات بإفراز مركبات كيميائية تقاوم بها الكائنات الممرضة، منها :

– مركبات موجودة أصلاً في النبات قبل حدوث الإصابة .

– مركبات تتكون في النبات بسبب الإصابة .

و من هذه المركبات :

أ – الفينولات والجلوكوزيدات :

* مركبات كيميائية سامة تقتل الكائنات الممرضة مثل البكتيريا أو تثبط نموها .

* بعض هذه المركبات لا يوجد أصلاً في النباتات السليمة ولكنها تتكون فقط عند مهاجمة النبات بواسطة الكائن الممرض .

ب – إنتاج أحماض أمينية غير البروتينية :

* هذه الأحماض لا تدخل في بناء البروتينات في النبات .

* تعمل كمواد واقية للنبات وتشمل مركبات كيميائية سامة للكائنات الممرضة .

* من أمثلتها **الكانافينين** و**السيفالوسبورين** .

٣ – بروتينات مضادة للكائنات الدقيقة :

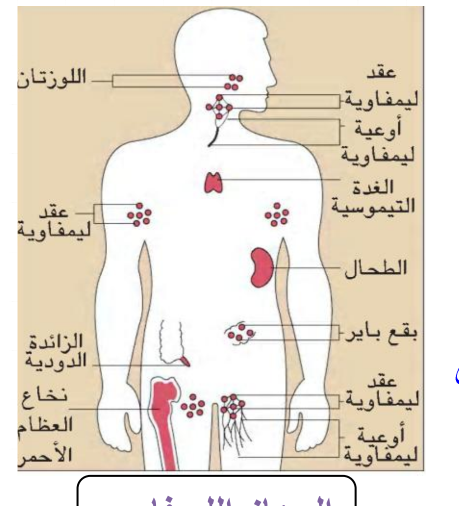
* تقوم بعض النباتات بإنتاج بروتينات لم تكن موجودةً أصلاً بالنباتات ولكن يستحث إنتاجها نتيجة الإصابة .

* تتفاعل هذه البروتينات مع السموم التي تفرزها الكائنات الممرضة وتحولها إلى مركبات غير سامة للنبات .

* وأحياناً تنتج النباتات بعض الإنزيمات تعرف بإنزيمات نزع السمية. حيث تقوم هذه الإنزيمات بالتفاعل مع السموم التي تفرزها الكائنات الممرضة و تبطل سميتها.

إنزيمات نزع السمية : بروتينات يفرزها النبات لكي تتفاعل مع السموم التي تفرزها الكائنات الممرضة و تبطل سميتها .

* **مما سبق نجد أن** بعض النباتات تقوم بتعزيز وتقوية دفاعاتها بعد الإصابة حتى تحمى نفسها من أي إصابة جديدة .



الجهاز الليمفاوي

المناعة في الإنسان

الجهاز المناعي في الإنسان : هو جهاز متناثر الأجزاء ، أي لا ترتبط أجزاؤه ببعضها البعض بصورة تشريحية متتالية كما في الجهاز الهضمي أو التنفسي أو الدوري، فهو يتكون من أجزاء متفرقة في أنحاء الجسم، ولكنها تتفاعل وتتعاون مع بعضها البعض بصورة متناسقة متناغمة، وبهذا يعتبر من الناحية الوظيفية وحدة واحدة .

– فسر : يختلف الجهاز المناعي من الناحية التشريحية عن الناحية الوظيفية .

– علل : يعتبر الجهاز المناعي في الإنسان من الناحية الوظيفية وحدة واحدة .

* ويطلق على بعض أعضاء الجهاز المناعي الأعضاء الليمفاوية **(علل)** لأنها تعد موطن للخلايا الليمفاوية وهى المكونات الرئيسة للجهاز الليمفاوي .

* **يتكون الجهاز الليمفاوي من :**

١ – الأعضاء الليمفاوية
٢ – الخلايا الليمفاوية
٣ – خلايا الدم البيضاء الأخرى
٤ – الخلايا البلعمية الكبيرة
٥ – المواد الكيميائية المساعدة
٦ – الأجسام المضادة

أولاً : الأعضاء الليمفاوية :

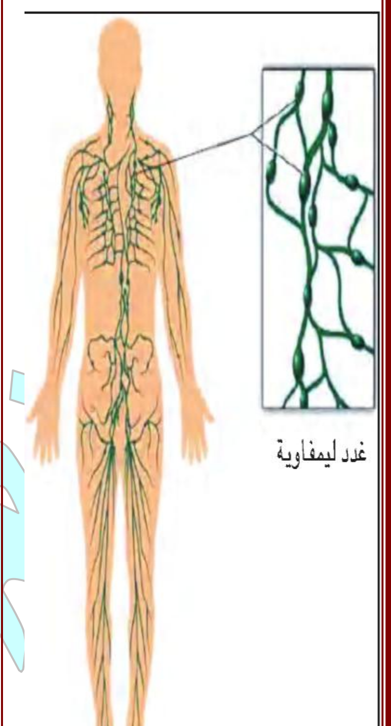
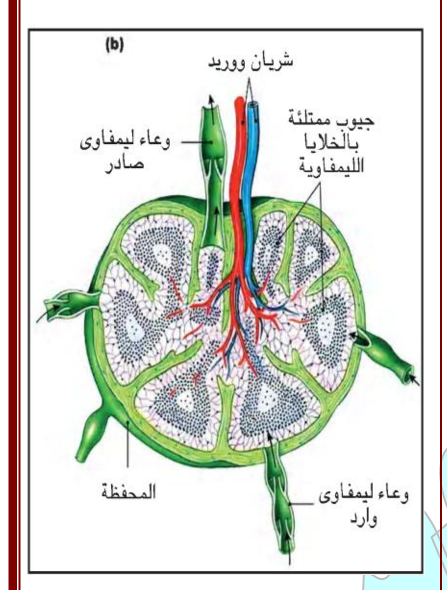
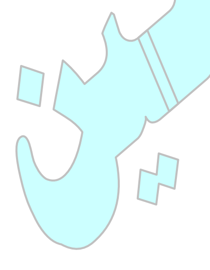
* هذه الأعضاء تحتوى أعدادًا غفيرة من الخلايا الليمفاوية وفيها يتم نضج وتمايز الخلايا الليمفاوية .

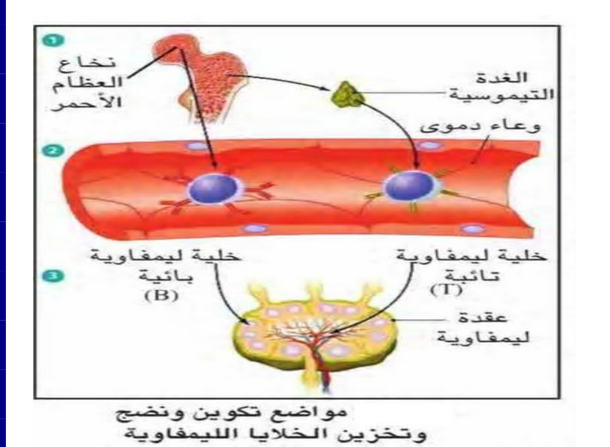
و هي :

١ – نخاع العظام
٢ – الغدة التيموسية
٣ – الطحال
٤ – اللوزتان
٥ – بقع باير
٦ – العقد الليمفاوية

الأعضاء الليمفاوية	المكان	الوظيفة
نخاع العظام	نسيج يوجد داخل : ١ – **العظام المسطحة** مثل الترقوة والقص والجمجمة والعمود الفقري والضلوع والكتف والحوض ٢ – **رؤوس العظام الطويلة** كعظام الفخذ والساق والعضد	مسئول عن إنتاج : – خلايا الدم الحمراء – خلايا الدم البيضاء – صفائح الدم

الأعضاء الليمفاوية	المكان	الوظيفة
الغدة التيموسية	تقع على القصبة الهوائية أعلى القلب و خلف عظمة القص	- تفرز **هرمون التيموسين** - يحفز التيموسين نضج الخلايا الليمفاوية الجذعية إلى الخلايا التائية وتمايزها إلى أنواعها المختلفة داخل الغدة التيموسية
الطحال	- عضو ليمفاوي صغير لا يزيد حجمه عن قبضة اليد . - لونه أحمر قاتم . - يقع في الجانب العلوي الأيسر من تجويف البطن .	**يلعب دورًا مهمًا في مناعة الجسم حيث يحتوى على نوعين من خلايا الدم البيضاء :** ١- **الخلايا البلعمية الكبيرة (متخصصة)** : تقوم بالتقاط كل ما هو غريب عن الجسم (ميكروبات - أجسام غريبة - خلايا جسدية هرمة [مسنة] ككريات الدم الحمراء المسنة) وتفتتها إلى مكوناتها الأولية ليتخلص منها الجسم . ٢ - **الخلايا الليمفاوية**
اللوزتان	غدتان ليمفاويتان تقعان على جانبي الجزء الخلفي من الفم	تلتقط اللوزتان أي ميكروب أو جسم غريب يدخل مع الطعام أو الهواء وتمنع دخوله إلى الجسم ، وبذلك تعمل على حماية الجسم .
بقع باير	- عقد صغيرة من الخلايا الليمفاوية . - تتجمع على شكل لطع أو بقع تنتشر في الغشاء المخاطي المبطن للجزء السفلى من الأمعاء الدقيقة .	- وظيفتها الكاملة غير معروفة . - تلعب دورًا في الاستجابة المناعية ضد الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض التي تدخل الأمعاء .

الأعضاء الليمفاوية	المكان	الوظيفة
العقد الليمفاوية  العقد و الأوعية الليمفاوية	**مكانها :** تتواجد العقد الليمفاوية على طول شبكة الأوعية الليمفاوية الموجودة في جميع أجزاء الجسم (تحت الإبطين ، على جانبي العنق ، وفى أعلى الفخذ ، وبالقرب من أعضاء الجسم الداخلية....) **حجمها :** ويتراوح حجمها بين رأس الدبوس وبذرة الفول الصغيرة . **تركيبها :** * تنقسم العقدة الليمفاوية من الداخل إلى جيوب تمتلئ بـــــــ : – الخلايا الليمفاوية البائية – الخلايا الليمفاوية التائية – الخلايا البلعمية الكبيرة و بعض أنواع خلايا الدم البيضاء الأخرى التي تخلص الليمف مما به من جراثيم وحطام الخلايا. * يتصل بكل عقدة ليمفاوية عدة أوعية ليمفاوية تنقل الليمف إليها من الأنسجة لترشحه وتخلصه مما يعلق به من مسببات الأمراض الغريبة عن الجسم .	– تقوم بتنقية الليمف من أي مواد ضارة أو ميكروبات . – تختزن خلايا الدم البيضاء (الخلايا الليمفاوية) التي تساعد في محاربة أي مرض أو عدوى .   تشريح العقدة الليمفاوية



مواضع تكوين ونضج وتخزين الخلايا الليمفاوية

ثانياً : الخلايا الليمفاوية (غير المحببة) :

*** نسبتها :**

تشكل حوالى٢٠-٣٠ % من خلايا الدم البيضاء بالدم .

*** مكان تكوينها :**

تتكون جميع الخلايا الليمفاوية في نخاع العظام الأحمر .

*** أهميتها :**

تدور في الدم باحثة عن أي ميكروب أو جسم غريب
فتشغل آلياتها الدفاعية والمناعية لتخلص الجسم من شرور الميكروبات الممرضة التي تحاول غزو الجسم والتكاثر والانتشار فيه و تخريب أنسجته وتعطيل وظائفه الحيوية الفسيولوجية .

لاحظ :

الخلايا الليمفاوية لا يكون لها في البداية أية قدرة مناعية ، غير أنها تمر بعملية نضوج وتمايز في الأعضاء الليمفاوية لتتحول بعدها إلى خلايا ذات قدرة مناعية .

*** أنواعها :**

يوجد ثلاثة أنواع من الخلايا الليمفاوية في الدم هي :

١ – الخلايا البائية .

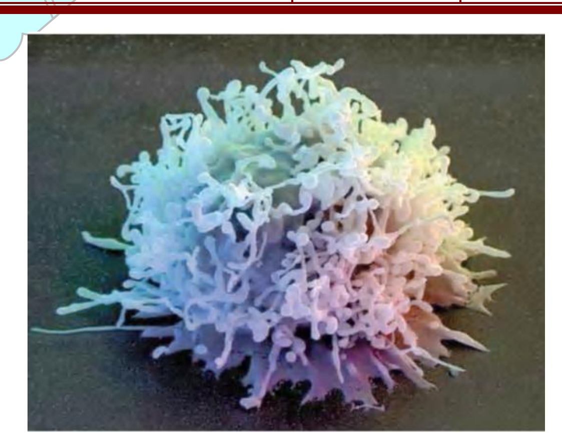
٢ – الخلايا التائية (التائية المساعدة – التائية القاتلة أو السامة – التائية المثبطة) .

٣ – الخلايا القاتلة الطبيعية .

نوع الخلايا الليمفاوية	النسبة	مكان التكوين	مكان النضج	الأهمية
الخلايا البائية B	١٠-١٥ %	نخاع العظام الأحمر	نخاع العظام الأحمر	التعرف على أي ميكروبات أو مواد غريبة عن الجسم(مثل البكتريا أو الفيروس) ، فتقوم بملاصقة هذا الجسم الغريب وتنتج أجسام مضادة له لتقوم بتدميره.

الخلايا التائية T	٨٠ %	نخاع العظام الأحمر	الغدة التيموسية	أ – **الخلايا التائية المساعدة T_H :** ١– تنشط الأنواع الأخرى من الخلايا التائية وتحفزها للقيام باستجاباتها . ٢ – تحفز الخلايا البائية لإنتاج الأجسام المضادة ب – **الخلايا التائية السامة(أو القاتلة) T_C :** تهاجم الخلايا الغريبة حيث تهاجم الخلايا السرطانية والأعضاء المزروعة وخلايا الجسم المصابة بالفيروس. ج – **الخلايا التائية المثبطة أو الكابحة T_S :** تنظم درجة الاستجابة المناعية للحد المطلوب، وتثبط أو تكبح عمل الخلايا التائية والبائية بعد القضاء على الكائن الممرض.
الخلايا القاتلة الطبيعية NK	٥ – ١٠ %	نخاع العظام الأحمر	نخاع العظام الأحمر	لها القدرة على مهاجمة خلايا الجسم المصابة بالفيروس والخلايا السرطانية وتقضى عليها من خلال إنزيمات تفرزها هذه الخلايا القاتلة.





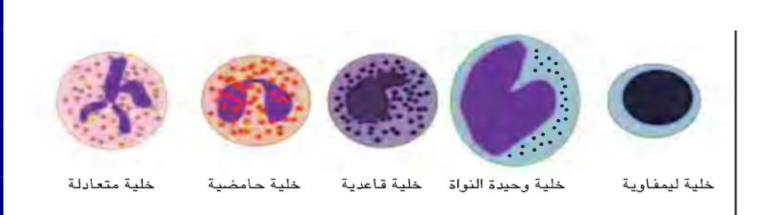
الخلية القاتلة الطبيعية

ثالثاً : خلايا الدم البيضاء الأخرى (المحببة) :

أ – الخلايا القاعدية – الخلايا الحامضية – الخلايا المتعادلة :

– ويتم التمييز بينها من حجمها و شكل النواة ولون الحبيبات الظاهرة بداخلها تحت المجهر .

– تكافح العدوى خصوصًا العدوى البكتيرية والالتهابات (علل) لأن الحبيبات الموجودة بداخلها تقوم بدور رئيس في تفتيت خلايا الكائنات الممرضة المهاجمة للجسم ، وبإمكانها بلعمة (ابتلاع وهضم) الكائنات الممرضة .



– تبقى بالدورة الدموية لفترة قصيرة نسبيًا تتراوح بين عدة ساعات إلى عدة أيام .

ب – الخلايا وحيدة النواة :

– تدمر الأجسام الغريبة .

– تتحول إلى خلايا بلعمية عند الحاجة، والتي بدورها تلتهم الكائنات الغريبة .



رابعاً : الخلايا البلعمية الكبيرة :

ومنها نوعان :

١ – الخلايا البلعمية الكبيرة الثابتة :

– تسمى بأسماء مختلفة حسب النسيج الموجودة فيه .

– **مكانها** : توجد في معظم أنسجة الجسم .

– **أهميتها** : متأهبة لكل جسم غريب يتواجد بالقرب منها.

خلية بلعمية كبيرة

٢ – الخلايا البلعمية الكبيرة الدوارة أو الجوالة :

– **مكانها** : تتجول مع الدم في أجزاء الجسم المختلفة .

– **أهميتها** :

١ – التهام الأجسام الغريبة .

٢ – تحمل المعلومات التي تم جمعها عن الميكروبات والأجسام الغريبة لتقدمها للخلايا المناعية المتخصصة الموجودة في الغدد الليمفاوية المنتشرة في الجسم .

* الخلايا المناعية المتخصصة بعد حصولها على معلومات وافية عن الأجسام الغريبة و الميكروبات الداخلة إلى الجسم تجهز ما يناسبها من وسائل دفاعية و مناعية مثل الأجسام المضادة وتخصيص نوع الخلايا القاتلة الذي سيتعامل معها .



خامساً : المواد الكيميائية المساعدة :

تساعد هذه المواد الآليات المتخصصة للجهاز المناعي .. و من هذه المواد ما يلي :

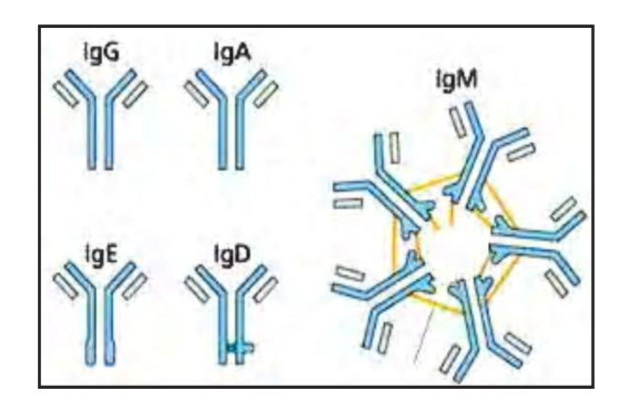
المواد الكيميائية	الأهمية (الوظيفة)
الكيموكينات	عوامل جذب الخلايا المناعية البلعمية المتحركة مع الدم بأعداد كبيرة نحو موقع تواجد الميكروبات أو الأجسام الغريبة لتحد من تكاثر وانتشار الميكروب المسبب للمرض.
الإنترليوكينات	* أداة اتصال أو ربط بين : - خلايا الجهاز المناعي المختلفة و بعضها . - خلايا الجهاز المناعي وخلايا الجسم الأخرى . * تساعد الجهاز المناعي في أداء وظيفته الدفاعية .
سلسلة المتممات أو المكملات (مجموعة متنوعة من البروتينات والإنزيمات)	- تقوم بتدمير الميكروبات الموجودة بالدم بعد ارتباط الأجسام المضادة بها عن طريق تحليل الأنتيجينات الموجودة على سطحها وإذابة محتوياتها لجعلها في متناول خلايا الدم البيضاء كي تلتهمها وتقضي عليها.
الإنترفيرونات (عدة أنواع من البروتينات غير متخصصة بفيروس معين)	* **تنتجها** : خلايا الأنسجة المصابة بالفيروسات. - تمنع الفيروس من التكاثر والانتشار في الجسم حيث ترتبط الإنترفيرونات بالخلايا الحية المجاورة للخلايا المصابة والتي لم تصب بالفيروس بعد وتحثها على إنتاج نوع من الإنزيمات تثبط عمل إنزيمات نسخ الحمض النووي بالفيروس .

سادساً : الأجسام المضادة :

* **الأجسام المضادة** : مواد بروتينية تسمى الجلوبيولينات المناعية Ig توجد في الدم و الليمف بالحيوانات الفقارية و الإنسان و تظهر على شكل حرف Y و تنتجها الخلايا البائية البلازمية .

- **شكلها** : تظهر على شكل حرف Y .
- **مصدر إنتاجها** : تنتجها الخلايا البائية البلازمية .
- **مكانها في الجسم** : توجد في الدم و الليمف بالحيوانات الفقارية و الإنسان .

- **أنواعها** : IgM , IgA , IgG , IgE , IgD



- **كيفية تكوينها** :

١ - يوجد على سطح البكتيريا التي تغزو الأنسجة مركبات تسمى **مولدات الضد** أو **المستضدات** أو **الأنتيجينات** تتعرف عليها الخلايا البائية .

٢ - ترتبط **المستقبلات** الموجودة على سطح الخلايا البائية مع الأنتيجينات الموجودة على سطح الميكروبات .

٣ - تنقسم الخلايا البائية عندما تصادف الأنتيجينات لأول مرة بالانقسام المتكرر لتكوين مجموعات من **الخلايا البائية البلازمية** المتخصصة (**خلايا بائية نشطة**) .

٤ - كل مجموعة من الخلايا البائية البلازمية الناتجة عن الانقسام تنتج نوعًا واحدًا من الأجسام المضادة ليضاد نوعًا واحدًا من الأنتيجينات .

٥ - تهاجم الخلايا البائية البلازمية الأنتيجين (مولد الضد أو المستضد) على سطح الكائنات الحية الدقيقة و الجزيئات الأخرى الغريبة عن الجسم و ذلك عن طريق إنتاج الأجسام المضادة التي تدور مع مجرى الدم و الليمف .

٦ - تقوم الأجسام المضادة و المتممات بالالتصاق بالبكتيريا لتجعلها في متناول خلايا الدم البيضاء الأخرى كي تلتهمها و تقضي عليها .

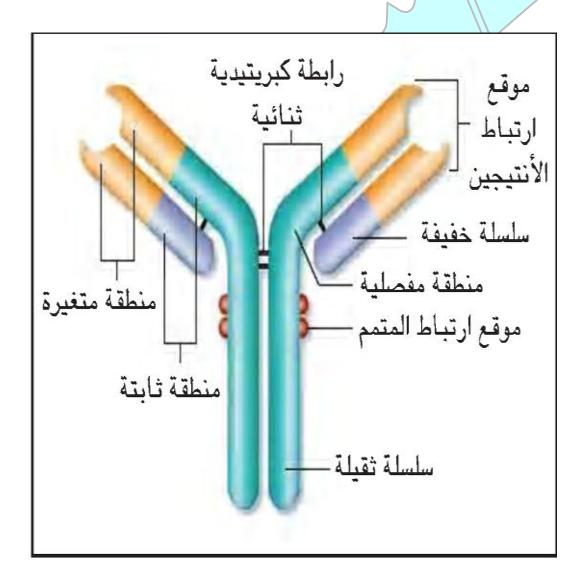
- **تركيبها** :

يتكون الجسم المضاد من :

١ - زوج من السلاسل البروتينية القصيرة تعرف **بالسلاسل الخفيفة** .

٢ - زوج من السلاسل البروتينية الطويلة تعرف **بالسلاسل الثقيلة** .

٣ - ترتبط السلاسل ببعضها **بروابط كبريتيدية ثنائية** .



تركيب الجسم المضاد

٤ – **مواقع التعرف :**

– لكل جسم مضاد موقعان متماثلان لارتباط الأنتيجين .

– يختلف شكل هذه المواقع من جسم مضاد لآخر .

– تساعد هذه المواقع على حدوث ارتباط بين الأنتيجين و الجسم المضاد الملائم له (بطريقة تشبه القفل و المفتاح) .

– ينتج عن هذا الارتباط تكوين مركب معقد من الأنتيجين و الجسم المضاد .

– يعرف موقع ارتباط الأنتيجين على الجسم المضاد **بالجزء المتغير (علل)** لأنه يتغير من جسم مضاد لآخر .

– يعرف الجزء الآخر بالجزء الثابت من الجسم المضاد **(علل)** لأنه ثابت الشكل و التركيب في جميع أنواع الأجسام المضادة .

– يتحدد تخصص كل جسم مضاد من خلال تشكيل الأحماض الأمينية المكونة للسلسلة الببتيدية (تتابع الأحماض الأمينية ، وأنواعها ، وشكلها الفراغي .....الخ) وذلك في الجزء التركيبي المسئول عن الارتباط بين الأنتيجين والجسم المضاد عند مواقع محدده و ذلك في الجزء المتغير والذي يتطابق مع أنتيجين كصورة مرآه.

علل : الأجسام المضادة متخصصة .

طرق عمل الأجسام المضادة

* الأجسام المضادة ثنائية الارتباط ، أما الأنتيجينات فلها مواقع متعددة ، مما يجعل الارتباط بين الأجسام المضادة و الأنتيجينات أمرًا مؤكدًا **(علل)** .

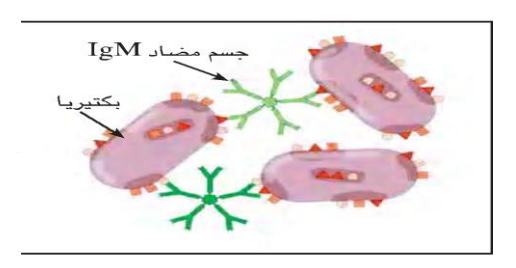
* وتقوم الأجسام المضادة بإيقاف عمل الأنتيجينات بإحدى الطرق التالية :

١ – **التعادل :**

* إن أهم وظيفة تقوم بها الأجسام المضادة في مقاومة الفيروسات هي تحييد الفيروسات وإيقاف نشاطها . ويتم ذلك بأن تقوم الأجسام المضادة بالارتباط بالأغلفة الخارجية للفيروسات وبهذا تمنعها من الالتصاق بأغشية الخلايا و الانتشار أو النفاذ إلى داخلها .

* وإن حدث واخترق الفيروس غشاء الخلية ، فإن الأجسام المضادة تمنع الحمض النووي من الخروج و التناسخ بإبقائها الغلاف مغلقًا (أي تمنع انفجار الخلية) .

٢ – التلازن (أو الإلصاق) :



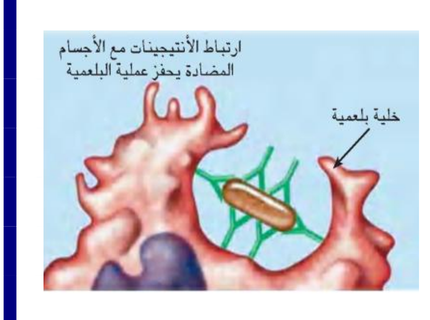
التلازن (الإلصاق)

* بعض الأجسام المضادة مثل IgM يحتوي العديد من مواقع الارتباط مع الأنتيجينات وبالتالي يرتبط الجسم المضاد الواحد منها بأكثر من ميكروب .

* يؤدى ذلك إلى تجمع الميكروبات على نفس الجسم المضاد مما يجعلها أكثر ضعفاً وعرضة لالتهامها بالخلايا البلعمية .



٣- الترسيب :



* يحدث عاده في الأنتيجينات الذائبة .

* يؤدى ارتباط الأجسام المضادة مع هذه الأنتيجينات إلى تكوين مركبات من الأنتيجين و الجسم المضاد غير ذائبة وتكون هذه المركبات راسبًا ، وبهذا يسهل على الخلايا البلعمية التهام هذا الراسب .



٤- التحلل :

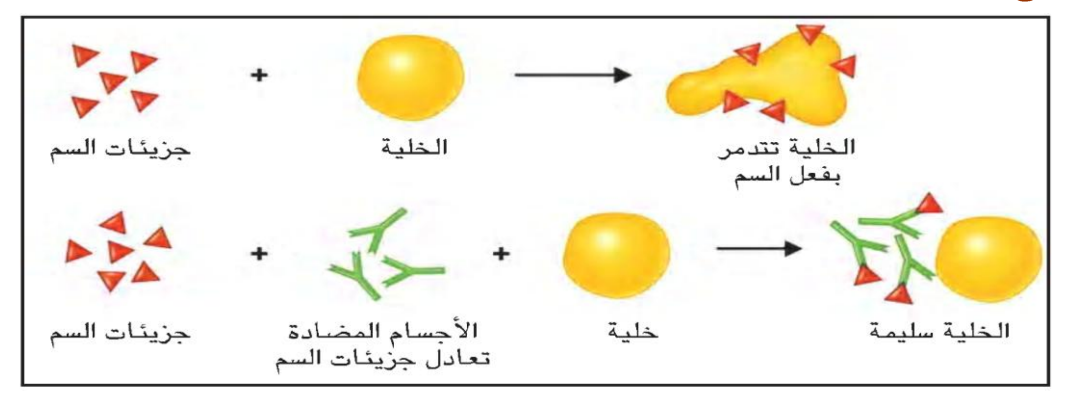
* ينشط اتحاد الأجسام المضادة مع الأنتيجينات بروتينات و إنزيمات خاصة هي المتممات .

* تحلل المتممات أغلفة الأنتيجينات و إذابة محتوياتها فيسهل التخلص منها بواسطة الخلايا البلعمية .

٥- إبطال مفعول السموم :

* تقوم الأجسام المضادة بالارتباط بالسموم لتكوين مركبات من الأجسام المضادة و السموم .

* هذه المركبات تنشط المتممات فتتفاعل معها تفاعلاً متسلسلاً ، يؤدى إلى إبطال مفعولها كما يساعد على التهامها من قبل الخلايا البلعمية .



إبطال مفعول السموم

آلية عمل الجهاز المناعي في الإنسان

يعمل الجهاز المناعي وفق نظامين مناعيين :

* **المناعة الطبيعية** (غير المتخصصة أو الفطرية)
* **المناعة المكتسبة** (المتخصصة أو التكيفية)

لاحظ :

– هذان النظامان المناعيان على الرغم من أنهما مختلفان إلا أنهما يعملان بتعاون و تنسيق مع بعضهما .

– فكل واحد من هذين النظامين المناعيين يعمل وفق آليات مختلفة تقوم بتنشيط رد الفعل المناعي للنظام الآخر ، و هذا يسمح للجسم التعامل بنجاح مع الكائنات الممرضة .

أولاً : المناعة الطبيعية (غير المتخصصة أو الفطرية)

المناعة الطبيعية (غير المتخصصة أو الفطرية) : مجموعة من الوسائل الدفاعية التي تحمى الجسم ، و تتميز باستجابة سريعة و فعالة لمقاومة و محاربة و تفتيت أي ميكروب أو أي جسم غريب يحاول دخول الجسم ، و هذه الوسائل الدفاعية غير متخصصة ضد نوع معين من الميكروبات أو الأنتيجينات

* تمر عملية المناعة الطبيعية بخطين دفاعيين متتاليين هما :

١ – **خط الدفاع الأول :**

مجموعة من الحواجز الميكانيكية أو الطبيعية بالجسم (مثل الجلد والمخاط والدموع والعرق وحمض الهيدروكلوريك بالمعدة) ، والوظيفة الأساسية لهذا الخط هي منع الكائنات الممرضة من دخول الجسم

* **وسائل خط الدفاع الأول :**

وسائل خط الدفاع الأول	الوظيفة
الجلد	يتميز بطبقة قرنية صلبة على سطحه تشكل عائقاً منيعًا لا يسهل اختراقه أو النفاذ منه .
العرق	العرق الذي تفرزه الغدد العرقية على سطح الجلد يعتبر مميتاً لمعظم الميكروبات (**علل**) بسبب ملوحته .
الصملاخ (شمع الأذن)	مادة تفرزها الأذن وتعمل على قتل الميكروبات وبذلك تحمى الأذن .
الدموع	تحمى العين من الميكروبات (**علل**) لأنها تحتوى على مواد محللة للميكروبات

المخاط بالممرات التنفسية	هو سائل لزج يبطن جدر الممرات التنفسية و تلتصق به الميكروبات و الأجسام الغريبة الداخلة مع الهواء .
الأهداب بالممرات التنفسية	تقوم الأهداب الموجودة في بطانة هذه الممرات التنفسية بطرد المخاط وما يحمله من ميكروبات و أجسام غريبة إلى خارج الجسم .
اللعاب	يحتوى بعض المواد القاتلة للميكروبات ، بالإضافة إلى بعض الأنزيمات المذيبة لها .
إفرازات المعدة الحامضية HCL	حيث تقوم خلايا بطانة المعدة بإنتاج و إفراز حمض الهيدروكلوريك القوى الذي يسبب موت الميكروبات الداخلة مع الطعام .

٢- **خط الدفاع الثاني :**

* يعمل هذا النظام إذا ما نجحت الكائنات المرضة في تخطى وسائل دفاع الخط الأول وقامت بغزو أنسجة الجسم ، من خلال جرح قطعي بالجلد مثلاً .

خط الدفاع الثاني : نظام دفاعي داخلي يستخدم الجسم طرق وعمليات غير متخصصة متلاحقة تحيط الميكروبات لتمنع انتشارها ، وتبدأ هذه العمليات بحدوث التهاب شديد .

يشمل خط الدفاع الثاني ما يلي :

(أ) الاستجابة بالالتهاب :

تفاعل دفاعي غير تخصصي (غير نوعى) حول مكان الإصابة نتيجة لتلف الأنسجة الذي تسببه الإصابة أو العدوى.

* **يؤدي الالتهاب إلى حدوث بعض التغيرات في موقع الإصابة كالآتي :**

١ – يزداد عدد بعض الخلايا المتخصصة مثل الخلايا الصارية وخلايا الدم البيضاء القاعدية .

٢ – تفرز هذه الخلايا كميات من المواد المولدة للالتهاب ومن أهمها مادة **الهستامين**

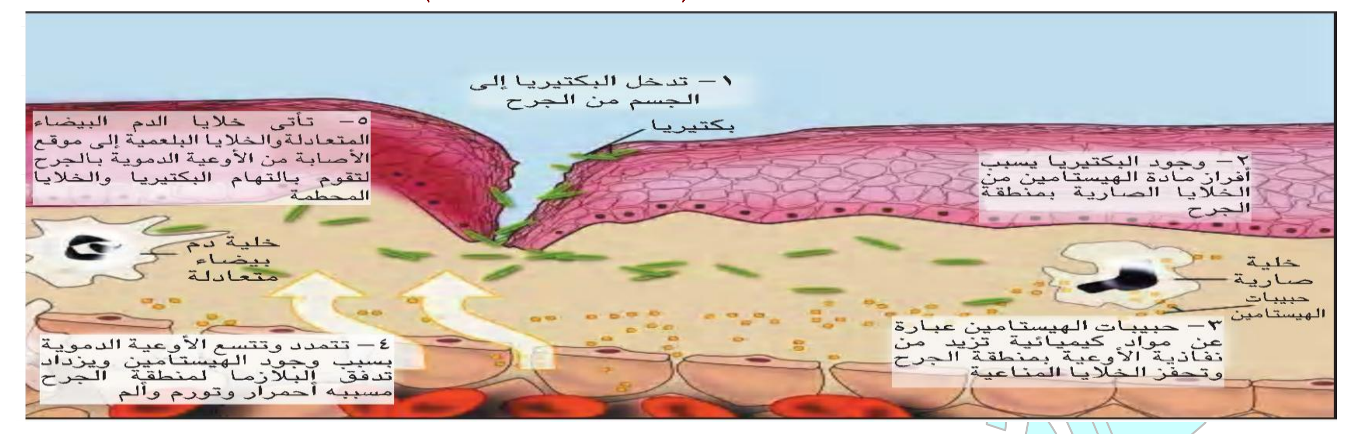
– يؤدي الهستامين إلى :

أ – تمدد الأوعية الدموية إلى أقصى مدى .

ب – **زيادة نفاذية الأوعية الدموية الصغيرة والشعيرات الدموية للسوائل من الدورة الدموية ، و يؤدى ذلك إلى :**

- تورم الأنسجة في مكان الالتهاب .
- السماح بنفاذ المواد الكيميائية المذيبة والقاتلة للبكتريا بالتوجه إلى موقع الإصابة .
- إتاحة الفرصة لخلايا الدم البيضاء المتعادلة ووحيدة النواة و الخلايا البلعمية الكبيرة لمحاربة وقتل الأجسام الغريبة والميكروبات .

الاستجابة بالالتهاب (غير المتخصصة)



(ب) الإنترفيرونات و الخلايا القاتلة الطبيعية :

* يمثلان خط الدفاع الثاني مع الاستجابة بالالتهاب .

* يوجدان في معظم أنسجة الجسم للقضاء على الميكروبات .

ثانياً : المناعة المكتسبة (المتخصصة أو التكيفية) :

* إذا ما أخفق خط الدفاع الثاني في التخلص من الجسم الغريب فإن الجسم يلجأ إلى خط دفاع ثالث ممثل في الخلايا الليمفاوية .

* تستجيب الخلايا الليمفاوية بسلسلة من الوسائل الدفاعية التخصصية (النوعية) التي تقاوم ذلك الكائن المسبب للمرض ، وتسمى هذه الوسائل الدفاعية مجتمعة **بالاستجابة المناعية** .

الاستجابة المناعية :

سلسلة من الوسائل الدفاعية التخصصية (النوعية) التي تقوم بها الخلايا الليمفاوية لمقاومة الكائن المسبب للمرض ، و ذلك عندما يفشل خط الدفاع الثاني في التخلص من الأجسام الغريبة .

آليات المناعة المكتسبة :

تتم المناعة المكتسبة من خلال آليتين منفصلتين شكليًا لكنهما متداخلتان مع بعضهما البعض وهما:

أ– **المناعة الخلطية أو المناعة بالأجسام المضادة .**

ب – **المناعة الخلوية أو المناعة بالخلايا الوسيطة .**

أ – المناعة الخلطية أو المناعة بالأجسام المضادة :

استجابة مناعية تقوم بها الخلايا الليمفاوية البائية بالدفاع عن الجسم ضد الأنتيجينات و الكائنات الممرضة (البكتيريا – الفيروسات) و السموم الموجودة في سوائل الجسم (بلازما الدم – الليمف) بواسطة الأجسام المضادة .

خطوات المناعة الخلطية (المناعة بالأجسام المضادة) :

أ – مرحلة التعرف :

١ – عند دخول كائن ممرض حاملاً على سطحه أنتيجين (مستضد) معين إلى الجسم ، تتعرف الخلايا الليمفاوية البائية على هذا الأنتيجين الغريب عن الجسم .

لاحظ :

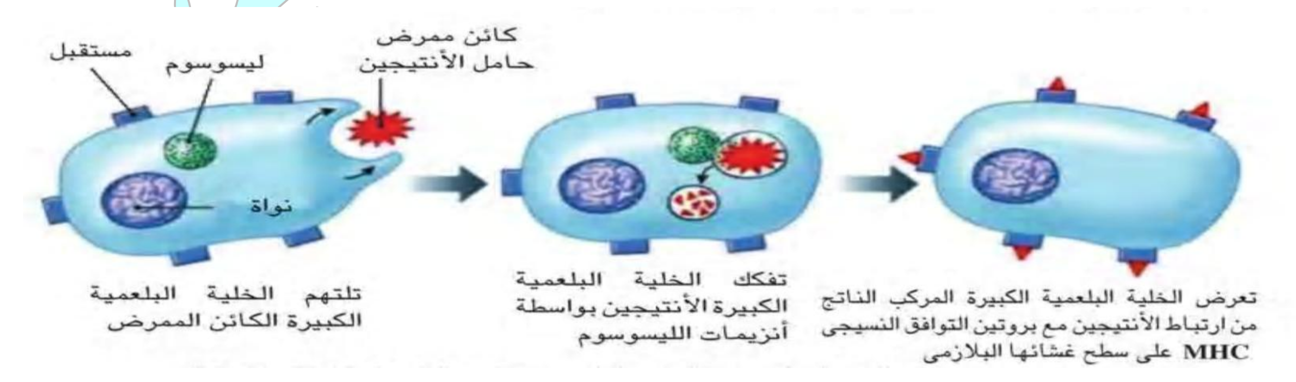
الخلية الليمفاوية البائية عالية التخصص لأن كل خلية ليمفاوية بائية تستجيب لأنتيجين معين واحد فقط .

٢ – تلصق الخلايا الليمفاوية البائية نفسها بالأنتيجين بواسطة المستقبلات المناعية الموجودة على سطحها، و يرتبط الأنتيجين ببروتين في الخلايا الليمفاوية البائية يطلق عليه **بروتين التوافق النسيجي MHC** .

٣ – في نفس الوقت ، تقوم الخلايا البلعمية الكبيرة بابتلاع الأنتيجين وتفكيكه بواسطة الليسوسوم إلى أجزاء صغيرة .

٤ – ترتبط هذه الأجزاء داخل الخلايا البلعمية الكبيرة ببروتين التوافق النسيجي .

٥ – ينتقل المركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع بروتين التوافق النسيجي إلى سطح الغشاء البلازمي للخلايا البلعمية الكبيرة ، أي يتم عرضه على سطحها الخارجي .



دور الخلايا البلعمية الكبيرة في المناعة الخلطية

ب – مرحلة التنشيط :

٦ – تتعرف الخلايا التائية المساعدة T_Hعلى هذا الأنتيجين من خلال بروتين التوافق النسيجي الموجود على سطح الخلية البلعمية .

٧ – ترتبط الخلايا التائية المساعدة T_H عن طريق المستقبل CD4 الموجود على سطحها بالمركب الناتج من ارتباط الأنتيجين ببروتين التوافق النسيجي MHC الموجود على سطح الخلايا البلعمية لتتحول إلى خلايا تائية مساعدة نشطة .

٨ – تطلق الخلايا التائية المساعدة النشطة موادًا بروتينية تسمى **إنترليوكينات** تقوم بتنشيط الخلايا البائية التي تحمل على سطحها الأنتيجينات المرتبطة ببروتين التوافق النسيجي MHC .

لاحظ :

لا تستطيع الخلايا التائية المساعدة T_H التعرف على الأنتيجين إلا بعد معالجته بواسطة الخلايا البلعمية الكبيرة وعرضه على غشائها البلازمي مرتبطاً مع جزيئات بروتين التوافق النسيجي MHC .

ج – مرحلة الانقسام و التمايز :

٩ – تنقسم الخلايا البائية المنشطة و تتمايز إلى :

– **خلايا بائية بلازمية** : تنتج كميات كبيرة من الأجسام المضادة التي تدور عبر الأوعية الليمفاوية ومجرى الدم لتحارب العدوى .

– **خلايا ليمفاوية بائية ذاكرة** : تبقى في الدم لمدة طويلة (٢٠–٣٠ سنة) للتعرف على نوع الأنتيجين السابق إذا دخل مرة ثانية إلى الجسم حيث تنقسم خلايا B **الذاكرة** وتتمايز إلى خلايا B **البلازمية** تفرز أجسامًا مضادة له و بالتالي تكون الاستجابة سريعة .

د – مرحلة التنفيذ :

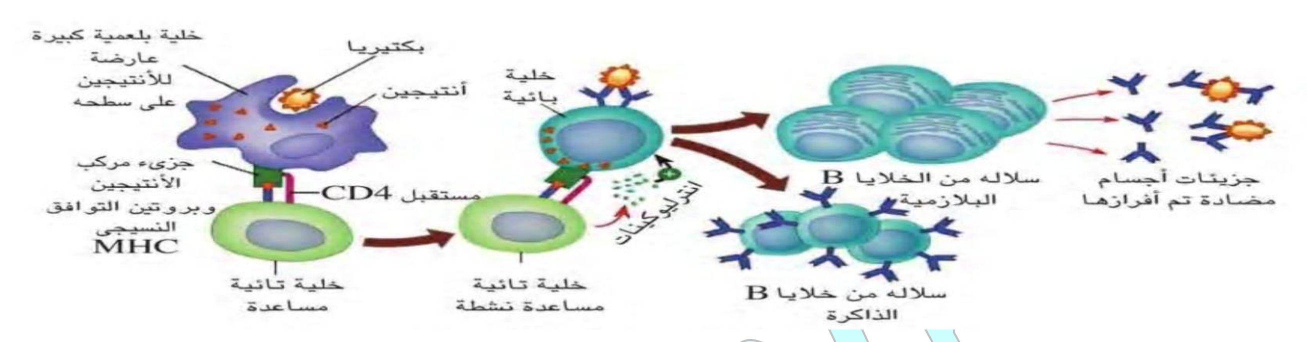
١٠ – تصل الأجسام المضادة التي أنتجتها الخلايا البائية البلازمية إلى الدورة الدموية عن طريق الليمف ، ثم ترتبط بالأنتيجينات الموجودة على سطح الكائنات الممرضة فيحفز ذلك الخلايا البلعمية الكبيرة فتقوم بالتهام هذه الأنتيجينات من جديد .

لاحظ :

تستمر هذه العملية (المناعة الخلطية) لعدة أيام أو أسابيع .

لاحظ :

الأجسام المضادة التي تكونها الخلايا البائية البلازمية تكون غير فاعلة بما فيه الكفاية في تدمير الخلايا الغريبة مثل الخلايا المصابة بالفيروس (علل) فالأجسام المضادة غير قادرة على المرور عبر أغشية الخلايا بسبب جزيئاتها الكبيرة نسبيًا وبالتالي لا تستطيع الوصول إلى الفيروس الذي يتكاثر داخل الخلية ، وفى هذه الحالة تتم مقاومة هذه الخلايا الغريبة بواسطة الخلايا الليمفاوية التائية T .



المناعة الخلطية (بالأجسام المضادة)

ب – المناعة الخلوية أو المناعة بالخلايا الوسيطة :

هي الاستجابة المناعية التي تقوم بها الخلايا الليمفاوية التائية بواسطة المستقبلات الموجودة على أغشيتها التي تكسبها الاستجابة النوعية للأنتيجينات .

الاستجابة النوعية للأنتيجينات :

إنتاج كل خلية تائية T أثناء عملية النضج نوعًا من المستقبلات الخاصة بغشائها ، و بذلك يمكن لكل نوع من المستقبلات الارتباط بنوع واحد من الأنتيجينات .

خطوات المناعة الخلوية (المناعة بالخلايا الوسيطة) :

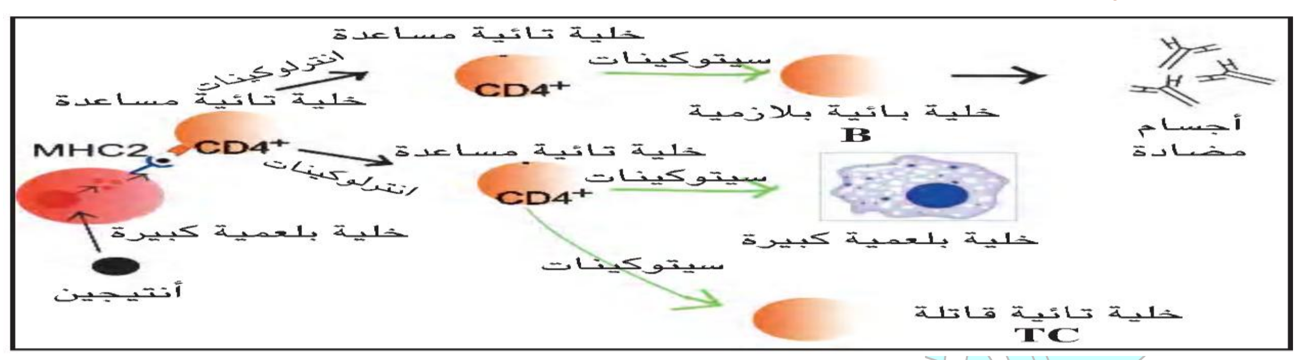
أ – مرحلة التعرف :

١ – عند دخول الكائن الممرض(البكتريا والفيروسات) إلى الجسم تقوم الخلايا البلعمية الكبيرة بابتلاعه ثم تفككه إلى أجزاء صغيرة .

٢ – ترتبط هذه الأجزاء الصغيرة داخل الخلايا البلعمية الكبيرة ببروتين التوافق النسيجي MHC .

٣ – ينتقل المركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع بروتين التوافق النسيجي إلى سطح الغشاء البلازمي للخلايا البلعمية الكبيرة أي يتم عرضه على سطحها الخارجي .

٤ – ترتبط الخلايا التائية المساعدة التي تتميز بوجود المستقبل CD4 على غشائها بالمركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع بروتين التوافق النسيجي MHC الموجود على سطح الخلايا البلعمية الكبيرة .



ب – مرحلة التنشيط :

٥ – تتحول الخلايا التائية المساعدة T_H المرتبطة بالخلايا البلعمية الكبيرة إلى خلايا تائية مساعدة منشَّطة .

٦ – تقوم الخلايا التائية المساعدة المنشطة بإطلاق إنترليوكينات (مواد بروتينية) .

٧ – تقوم الإنترليوكينات بتنشيط الخلايا التائية المساعدة التي ارتبطت بها .

ج – مرحلة الانقسام و التمايز :

٨ – تقوم الخلايا التائية المساعدة T_H المنشَّطة بـــــ :

* **الانقسام** لتكون سلالة من :

– الخلايا التائية المساعدة T_H المنشطة .

– خلايا التائية المساعدة T_H الذاكرة تبقى في الدم لمدة طويلة لتتعرف على نوع الأنتيجين إذا دخل مرة ثانية للجسم .

* **إفراز** عدة من بروتينات **السيتوكين** التي تعمل على :

✓ جذب الخلايا البلعمية الكبيرة إلى مكان الإصابة بأعداد غفيرة .

✓ تنشيط الخلايا البلعمية الكبيرة والأنواع الأخرى من الخلايا الليمفاوية التائية السامة أو القاتلة T_C وكذلك الخلايا البائية (وبالتالي يتم تنشيط آليتي المناعة الخلوية والخلطية) .

✓ تنشيط الخلايا القاتلة الطبيعية NK لمهاجمة خلايا الجسم غير الطبيعية كالخلايا السرطانية أو الخلايا المصابة بالكائنات الممرضة .

د – مرحلة التنفيذ :

٩ – تتعرف الخلايا التائية القاتلة أو السامة T_C بواسطة المستقبل CD8 الموجود على سطحها على الأجسام الغريبة (أنسجة مزروعة في الجسم – أنتيجينات الميكروبات التي تدخل الجسم – الخلايا السرطانية) وتقضى عليها .

١٠ – عندما ترتبط هذه الخلايا بالأنتيجين فإنها **تفرز** :

– **بروتين البيرفورين** (**البروتين صانع الثقوب**) الذي يقوم بتثقيب غشاء الجسم الغريب (الميكروب أو الخلايا السرطانية).

– **سموم ليمفاوية** تنشط جينات معينة في نواة الخلية المصابة مما يؤدى إلى تفتيت نواة الخلية وموتها .



دور الخلايا التائية القاتلة في المناعة الخلوية

تثبيط الاستجابة المناعية

١ – بعد أن يتم القضاء على الأنتيجينات الغريبة ترتبط الخلايا التائية المثبطة T_S بواسطة المستقبلCD8 الموجود على سطحها مع الخلايا البائية البلازمية والخلايا التائية المساعدة T_H والخلايا التائية السامة T_C .

٢ – هذا الارتباط يحفز الخلايا التائية المثبطة على إفراز **الليمفوكينات** التي تثبط أو تكبح الاستجابة المناعية أو تعطلها . حيث تعمل الليمفوكينات على :

– توقف الخلايا البائية البلازمية عن إنتاج الأجسام المضادة .

– موت الكثير من الخلايا التائية المساعدة المنشطة والسامة .

لاحظ :

بعض الخلايا التائية المساعدة T_H والخلايا التائية السامة T_C يختزن في الأعضاء الليمفاوية حيث تبقى هناك مهيأة لمكافحة أي عدوى مماثلة عند الحاجة .

مراحل المناعة المكتسبة

* عندما يصاب فرد ما بمرض معين مثل الحصبة فإنه لا يصاب به مرة ثانية طوال حياته (**علل**) لأنه قد اكتسب مناعة لهذا المرض .

* تحدث المناعة المكتسبة على مرحلتين :

المرحلة الأولى : الاستجابة المناعية الأولية :

* هي استجابة الجهاز المناعي لكائن ممرض جديد .

* **تتم كالتالي :**

١ – عندما يلاقى الجهاز المناعي كائنًا ممرضًا جديدًا فإن الخلايا البائية والتائية تستجيب لأنتيجينات ذلك الكائن الممرض .

٢ – تقوم الخلايا البائية والتائية بمهاجمته حيث تقضى عليه وهذا يستغرق وقتًا لأن هذه الخلايا الليمفاوية في حاجة إلى الوقت كي تتضاعف ولذلك فإن الاستجابة الأولية تستغرق ما بين خمسة إلى عشرة أيام كي تصل إلى أقصى إنتاجية من الخلايا البائية والتائية ، أثناء هذا الوقت يمكن أن تصبح العدوى واسعة الانتشار وتظهر أعراض المرض .

علل :

– **الاستجابة المناعية الأولية بطيئة .**

لأن الخلايا الليمفاوية في حاجة إلى الوقت كي تتضاعف ولذلك فإن الاستجابة المناعية الأولية تستغرق ما بين خمسة إلى عشرة أيام كي تصل إلى أقصى إنتاجية من الخلايا البائية والتائية .

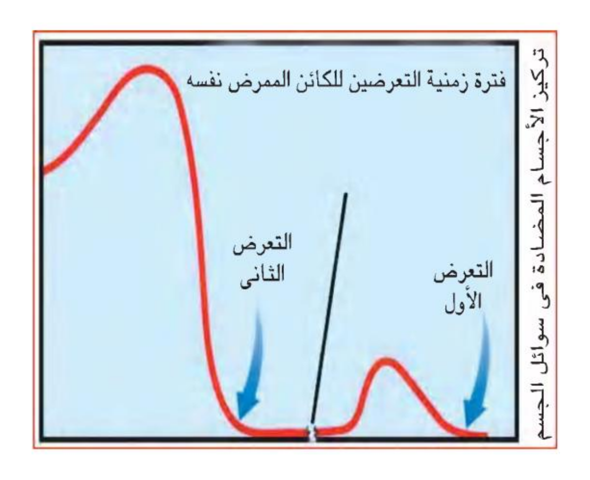
– **يصاحب الاستجابة المناعية الأولية ظهور أعراض المرض .**

لأن العدوى تصبح واسعة الانتشار في الجسم .

المرحلة الثانية : الاستجابة المناعية الثانوية :

* هي استجابة الجهاز المناعي لنفس الكائن الممرض الذي سبق الإصابة به .

* إذا ما أصيب الفرد مرةً ثانيةً بنفس الكائن الممرض فإن الاستجابة المناعية تكون سريعة جدًا إلى الدرجة التي غالبًا ما يتم فيها تدمير الكائن الممرض قبل أن تظهر أعراض المرض .



الاستجابة المناعية الأولية و الثانوية

* **الخلايا الذاكرة** هي الخلايا المسئولة عن الاستجابة المناعية الثانوية **(علل)** لأنها تختزن المعلومات عن الأنتيجينات التي حاربها الجهاز المناعي في الماضي .

علل :

– **الاستجابة المناعية الثانوية سريعة .**

لأنه أثناء المجابهة الثانية مع نفس الكائن الممرض تستجيب الخلايا الذاكرة لذلك الكائن الممرض فور دخوله للجسم ، فتبدأ في الانقسام سريعًا وينجم عن نشاطها السريع إنتاج العديد من الأجسام المضادة والعديد من الخلايا التائية النشطة خلال وقت قصير .

– **لا يصاحب الاستجابة المناعية الثانوية ظهور أعراض المرض .**

لأنه غالبًا ما يتم فيها تدمير الكائن الممرض قبل أن تظهر أعراض المرض .

الخلايا الذاكرة

* هي الخلايا تختزن المعلومات عن الأنتيجينات التي حاربها الجهاز المناعي في الماضي ، و هي المسئولة عن الاستجابة المناعية الثانوية .

* يحتوي جسم الإنسان على نوعين من الخلايا الذاكرة هما :

١ – الخلايا البائية الذاكرة .

٢ – الخلايا التائية الذاكرة .

* يتكون كلا النوعين من الخلايا الذاكرة أثناء الاستجابة المناعية الأولية

* تعيش الخلايا الذاكرة في الدم عشرات السنين أو قد يمتد بها الأجل طول العمر بينما لا تعيش الخلايا البائية و الخلايا التائية إلا أيامًا معدودة .

الباب الثاني
البيولوجية الجزيئية

الفصل الأول
الحمض النووي و المعلومات الوراثية

* ما الذي يدفع البيضة الملقحة المفردة _ التي نشأ كل فرد عنها _ إلى أن تنقسم وتنمو لتأخذ شكلاً مميزًا لكل فرد ؟

* وما الذي يجعل كل فرد متميزًا عن غيره من البشر ؟ ومع ذلك فإن هناك تشابهًا عامًا بين أفراد الجنس البشري .

الإجابة على هذه الأسئلة توجد في المعلومات الوراثية .

* وحدات المعلومات الوراثية التي تتحكم في الصفات الموروثة يطلق عليها اسم **الجينات** .

* ما الدليل على أن الصبغيات هي التي تحمل المعلومات الوراثية ؟

لأنه أثناء انقسام الخلية تنفصل الصبغيات (الكر وموسومات) عن بعضها البعض بحيث يصبح في النهاية لكل خلية ناشئة عن الانقسام نفس عدد الصبغيات الموجودة في الخلية الأصلية .

* الصبغيات يدخل في تركيبها مركبان رئيسيان هما :

- DNA
- البروتينات

فأي منهما يحمل المعلومات الوراثية؟

* اعتقد العلماء في أول الأمر أن البروتينات هي التي تحمل المعلومات الوراثية و ليس DNA (علل) لأن البروتينات يدخل في تركيبها ٢٠ حمضًا أمينيًا مختلفًا وتتجمع هذه الأحماض الأمينية بطرق متباينة لتعطى عددًا لا حصر له من المركبات البروتينية المختلفة بينما يدخل في تركيب DNA أربع نيوكليوتيدات فقط .

لاحظ :

الجينات لابد أنها تحتوى على معلومات كثيرة متنوعة .

* في الأربعينيات من القرن الماضي ظهر خطأ هذا الاعتقاد ، حيث اتضح أن DNA هو الذي يحمل المعلومات الوراثية .

* اكتشاف أن DNA هو المادة الوراثية أدى إلى قيام العلماء بدراسة الأساس الجزيئي للوراثة والذي يطلق عليه عادة اسم **البيولوجيا الجزيئية** .

البيولوجيا الجزيئية : أحد المجالات الحديثة في العلم والذي يتقدم بسرعة كبيرة جدًا ، و هو يهتم بدراسة الأساس الجزيئي للوراثة (DNA) .

الأدلة على أن DNA هو المادة الوراثية

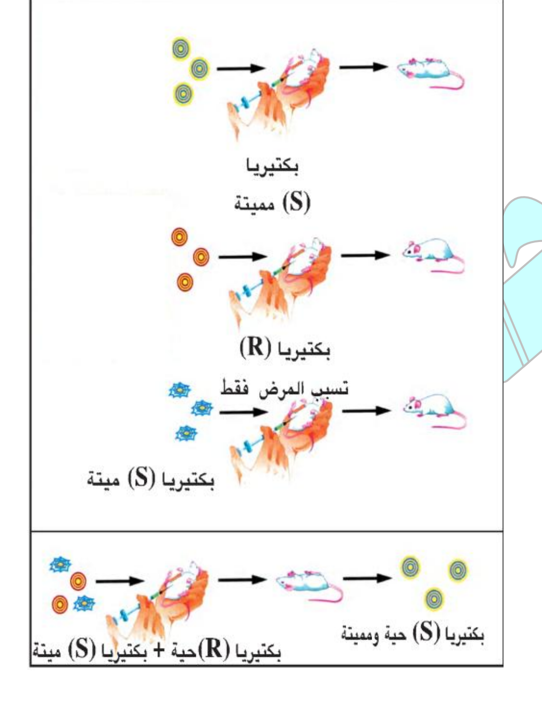
١ــ التحول البكتيري

* ظهر أول دليل يثير الشك حول اعتبار أن الجينات تتكون من البروتين في عام ١٩٢٨ حين كان العالم البريطاني (جريفث) يدرس البكتيريا المسببة لمرض الالتهاب الرئوي .

* أجرى جريفث تجاربه على الفئران مستخدمًا نوعين من سلالة البكتيريا المسببة للالتهاب الرئوي وهما :

ــ **سلالة مميتة** (S) : تؤدى إلى موت الفئران بسبب الالتهاب الرئوي الحاد.

ــ **سلاله غير مميتة** (R) : تؤدى إلى إصابة الفئران بالالتهاب الرئوي ولا تسبب موتها.



تجربة جريفث :

١ – حقن فئران ببكتيريا (S) فماتت .

٢ – حقن مجموعة أخرى من الفئران ببكتيريا (R) فلم تمت .

٣ – حقن مجموعة من الفئران بسلالة البكتيريا (S) التي سبق قتلها بالحرارة فلم تمت الفئران .

٤ – حقن مجموعة أخرى من الفئران ببكتيريا (S) الميتة مع بكتيريا (R) الحية لاحظ جريفث موت بعض الفئران وعند فحص الفئران الميتة وجد بها بكتيريا (S) حية .

الاستنتاج :

استنتج جريفث أن المادة الوراثية الخاصة بالبكتيريا (S) قد انتقلت إلى داخل البكتيريا (R) وحولتها إلى بكتيريا مميتة من النوع (S) و أطلق على هذه الظاهرة اسم (**التحول البكتيري**) ولم يفسر لنا كيفية انتقال المادة الوراثية من بكتيريا (S) إلى (R) .

* وقد تمكن **إفري و زملاؤه** من عزل مادة التحول البكتيري التي تسببت في تحول بكتيريا (R) غير المميتة إلى سلاله البكتيريا (S) المميتة وعند تحليل هذه المادة وجد أنها تتكون من DNA .

تفسير نتائج التحول البكتيري :

وتفسر النتائج السابقة على أن إحدى السلالات البكتيرية قد امتصت DNA الخاص بسلالة أخرى وذلك بطريقة مازالت غير معروفة حتى الآن واكتسبت هذه البكتيريا خصائص البكتيريا التي أتى منها DNA وأهم من ذلك أن التحول البكتيري للبكتيريا المستقبلة قد انتقل إلى الأبناء.

الاعتراض على أن DNA هو المادة الوراثية :

الجزء من DNA الذي سبب التحول لم يكن على قدر كاف من النقاوة ولذلك كانت به كمية من البروتين هي التي سببت هذا التحول .

التجربة الحاسمة :

أجريت هذه التجربة عندما اكتشف واستخلص إنزيم له القدرة على تحليل DNA تحليلاً كاملاً ويسمى هذا الإنزيم دي أكسى ريبونيوكليز إلا انه لا يؤثر على المركبات البروتينية أو RNA ولقد وجد أنه عندما عوملت المادة النشطة المنتقلة بهذا الإنزيم توقفت عملية التحول مما يؤكد أن DNA هو المادة الوراثية .

٢ــ لاقمات البكتيريا (البكتيريوفاج) :

*** تركيب البكتيريوفاج :**

البكتيريوفاج (الفاج) يتكون من DNA يحيط به غلاف بروتيني يمتد ليكون ما يشبه الذيل الذي يتصل بالخلية البكتيرية التي يهاجمها .

*** تكاثر البكتيريوفاج :**

- يتصل الفاج بالخلية البكتيرية التي يهاجمها عن طريق الذيل .
- بعد حوالي ٣٢ دقيقة من اتصال الفيروس بالخلية البكتيرية تنفجر الخلية البكتيرية ويخرج منها حوالي ١٠٠ فيروس جديد مكتمل التكوين .

* يتضح من تكاثر البكتيريوفاج أن مادةً ما (أو مجموعة مواد) مرت من الفيروس إلى الخلية البكتيرية تحتوى على جينات الفيروس .

تجربة هيرشي و تشيس :

* استغل هيرشي و تشيس لإجراء تجربتهما حقائق علمية و هي أن :

- DNA : يدخل في تركيبه الفسفور و لا يدخل في تركيبه الكبريت .
- البروتين : قد يدخل في تركيبه الكبريت و لا يدخل في تركيبه الفسفور.

خطوات التجربة :

– قاما بترقيم DNA الفيروسي بالفسفور المشع وترقيم البروتين الفيروسي بالكبريت المشع ثم سمحا لهذا الفيروس بمهاجمه البكتيريا .

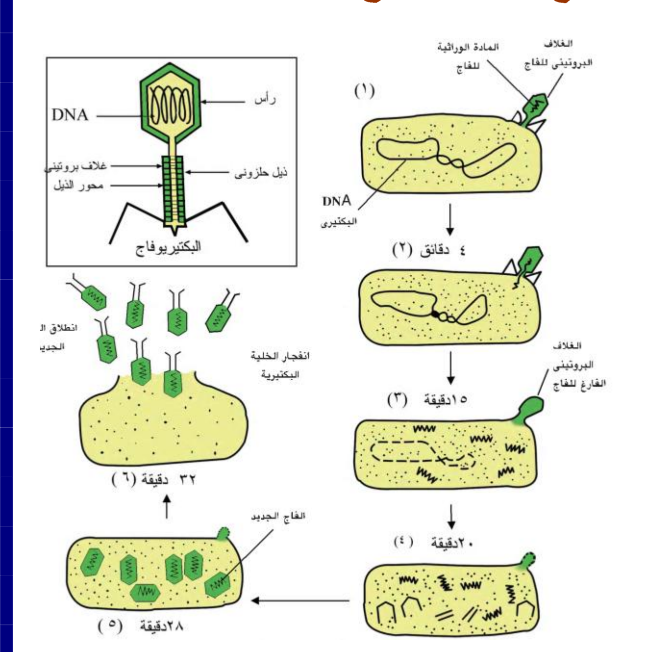
– وقاما بالكشف عن كل من الفسفور المشع والكبريت المشع داخل وخارج الخلايا البكتيرية .

نتائج التجربة :

– وقد أظهرت نتائج هذه التجربة أن كل DNA الفيروسي تقريبًا قد دخل إلى داخل الخلية البكتيرية بينما لم يدخل من بروتين الفيروس إلى البكتيريا إلا أقل من ٣% .

الاستنتاج :

DNA الفيروسي هو الذي يدخل الخلية البكتيرية ويدفعها إلى بناء فيروسات جديدة.



*** الاستنتاج من تجارب التحول البكتيري والتجارب التي أجريت على الفاج :**

الجينات على الأقل تلك الخاصة ببكتيريا الالتهاب الرئوي و الفاج تتكون من DNA

*** هل كل الجينات عبارة عن DNA ؟**

الإجابة لا وذلك لأن هناك بعض الفيروسات لا يدخل DNA في تركيبها بل ثبت أن RNA هو المادة الوراثية في هذه الفيروسات إلا أن هذه الفيروسات بالتأكيد تشذ عن القاعدة حيث أنها تكون جزءًا صغيرًا من صور الحياة وعلى ضوء الدراسات العديدة التي أجريت حتى الآن تأكد أن DNA هو المادة الوراثية لكل صور الحياة تقريبًا .

٣ـ كمية DNA في الخلايا :

* في حقيقيات النواة عند قياس كمية DNA في أنواع مختلفة من الخلايا الجسدية لكائن معين (مثل الدجاج) وجد أنها متساوية بينما عند قياس كمية البروتين في نفس الخلايا وجد أنها غير متساوية .

* وعند مقارنة كمية DNA في الخلايا الجسدية والخلايا الجنسية (الأمشاج) لنفس الكائن الحي وجد أن كمية DNA في الخلايا الجنسية (الأمشاج) تعادل نصف كمية DNA الموجودة في الخلايا الجسدية .

* وحيث أن الفرد الجديد ينشأ عن اتحاد مشيج مذكر مع مشيج مؤنث لذا يجب أن يحتوى كل مشيج على نصف المعلومات الوراثية الموجودة في الخلية الجسدية وإلا فإن المادة الوراثية ستتضاعف في كل جيل بينما لا يتفق هذا مع البروتين مما ينفى أن البروتين يعمل كمادة وراثية

* من جهة أخرى فإن البروتينات وجزيئات RNA يتم هدمها و إعادة بنائها باستمرار في داخل الخلايا بينما يكون DNA ثابتًا بشكل واضح في الخلايا .

تركيب DNA

* منذ أوائل الخمسينات من القرن الماضي أصبح هناك أدلة قوية تكفى لاعتبار أن DNA يحمل المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية وانشغل العديد من الباحثين في محاولة التعرف على تركيب جزئ DNA ووضع نموذج له .

* وأي نموذج يوضع لتركيب DN A لابد أن يأخذ في الاعتبار المعلومات التالية التي انبثقت عن العديد من التجارب :

١ – **يتكون DNA من النيوكليوتيدات :**

– تتركب النيوكليوتيدة من ثلاثة مكونات :

- سكر خماسي ديوكسى ريبوز .
- مجموعة من الفوسفات مرتبطة برابطة تساهمية بذرة الكربون الخامسة في السكر .
- قاعدة نيتروجينية ترتبط برابطة تساهمية بذرة الكربون الأولى في السكر الخماسي .

لاحظ :

القاعدة النيتروجينية قد تكون أحد مشتقات :

- **البيريميدين** ذي الحلقة الواحدة : **ثايمين (T)** أو **سيتوزين (C)** .
- **البيورين** ذي الحلقتين : **أدينين (A)** أو **جوانين (G)** .

٢ – **ترتبط النيوكليوتيدات ببعضها البعض في شريطDNA كالتالي :**

– مجموعة الفوسفات المتصلة بذرة الكربون رقم ٥ في سكر أحد النيوكليوتيدات ترتبط برابطة تساهمية مع ذرة الكربون رقم ٣ في سكر أحد النيوكليوتيدات التالية .

– والشريط الذي يتبادل فيه السكر والفوسفات يطلق عليه هيكل سكرفوسفات .

لاحظ :

- هيكل سكر فوسفات غير متماثل (**فسر**) بمعنى أنه يوجد به مجموعة فوسفات طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم ٥ في السكر الخماسي عند إحدى نهاياته ومجموعة هيدروكسيل OH طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم ٣ في السكر الخماسي عند النهاية الأخرى .
- قواعد البيورين و البيريميدين تبرز على جانب واحد من هيكل سكر فوسفات .

٣- في كل جزيئات DNA يكون :

- عدد النيوكليوتيدات المحتوية على الأدينين مساويًا لتلك التي تحتوى على الثايمين A = T
- عدد النيوكليوتيدات المحتوية على الجوانين تكون مساوية لتلك التي تحتوى على السيتوزين G = C .

– فسر : يتساوى عدد القواعد النيتروجينية البيريميدينية و البيورينية في جزيء DNA .

٤ – جاء الدليل المباشر على تركيب DNA من الدراسات التي قامت بها فرانكلين :

*** دراسات فرانكلين :**

- استخدمت تقنية حيود أشعة X في الحصول على صور لبللورات من DNA عالي النقاوة .
- في هذه التقنية تمرر أشعة X خلال بللورات من جزيئات ذات تركيب منتظم مما ينشأ عنه تشتت أشعة X حيث يظهر طراز من توزيع نقط يعطي تحليلها معلومات عن شكل الجزيء .
- في عام ١٩٥٢ نشرت فرانكلين صورًا لبللورات من DNA عالي النقاوة .

*** نتائج دراسات فرانكلين :**

- جزئ DNA ملتف على شكل حلزون أو لولب بحيث تكون القواعد متعامدة على طول الخيط .
- هيكل سكر فوسفات يوجد في الجهة الخارجية من اللولب وتوجد القواعد النيتروجينية جهة الداخل .
- قطر اللولب دل على أنه يتكون من أكثر من شريط من DNA .

* بعد أن نشرت فرانكلين صور DNA بدأ سباق رهيب بين العلماء لوضع المعلومات المتاحة في صورة نموذج لتركيب جزئ DNA إلا أن أول من تمكن من وضع نموذج مقبول لتركيب DNA كان العالمان الإنجليزيان **واطسن** و**كريك** .

نموذج واطسن وكريك

* يتركب هذا النموذج من شريطين يرتبطان كالسلم حيث يمثل هيكلا السكر والفوسفات جانبي السلم بينما تمثل القواعد النيتروجينية درجات السلم .

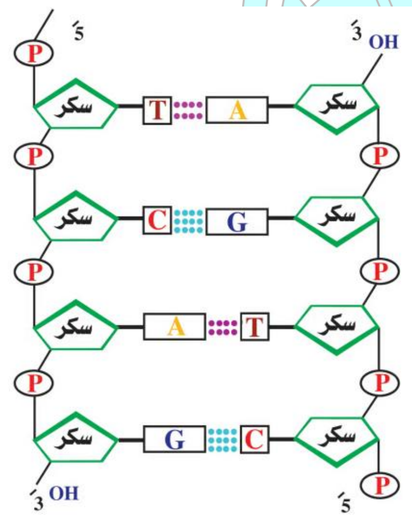
* ويتكون الدرج إما من الأدينين مرتبطاً بالثايمين أو من الجوانين مرتبطاً بالسيتوزين .

لاحظ :

- وفي كل درج قد توجد أي من القواعد الأربعة على أي من الشريطين .
- ترتبط أزواج القواعد النيتروجينية في كل درج بروابط هيدروجينية حيث توجد رابطتان بين الأدينين والثايمين بينما يرتبط الجوانين والسيتوزين بثلاث روابط هيدروجينية .
- عرض درجات السلم يكون متساويًا و يكون شريط DNA على نفس المسافة من بعضهما البعض على امتداد جزيء DNA (**علل**) لأن كل زوج من القواعد النيتروجينية التي ترتبط ببعضها يحتوي على قاعدة ذات حلقة واحدة و أخرى ذات حلقتين .

* شريطا جزيء DNA أحدهما في وضع معاكس للآخر (**فسر**) بمعنى أن مجموعة الفوسفات الطرفية المتصلة بذرة الكربون رقم ٥ في السكر الخماسي في شريطي DNA تكون عند الطرفين المعاكسين حيث يكون أحد الشريطين اتجاهه (٥/ ⟵ ٣/) بينما الشريط المقابل يكون اتجاهه (٣/ ⟵ ٥/) .

– شريطا جزيء DNA أحدهما في وضع معاكس للآخر (**علل**) لكي تتكون الروابط الهيدروجينية بشكل سليم بين زوجي القواعد النيتروجينية .



* سلم DNA ككل يلتف بحيث يوجد عشر نيوكليوتيدات في كل لفة على الشريط الواحد ليتكون لولب أو حلزون DNA وحيث أن اللولب يتكون من شريطين يلتفان حول بعضهما البعض ، فإن **جزئ DNA يطلق عليه اللولب المزدوج (علل) .**

تضاعف DNA

* قبل أن تبدأ الخلية في الانقسام تتضاعف كمية DNA بها **(علل)** حتى تستقبل كل خلية جديدة نسخة طبق الأصل من المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية الأم .

* أشار كل من واطسون وكريك إلى أن تركيب الشريط المزدوج ذي القواعد المتزاوجة لجزئ DNA يحتوي على وسيلة يمكن بها مضاعفة المعلومات الوراثية بدقة **(فسر)** حيث أن الشريطين يحتويان على قواعد متكاملة فإن تتابع النيوكليوتيدات في كل شريط يوفر المعلومات اللازمة لإنتاج الشريط المقابل .

فمثلاً :

إذا كان تتابع القواعد النيتروجينية في جزء من الشريط هو

5 .... A_A_T_C_C 3

فإن قطعة الشريط التي تتكامل معها يكون ترتيب قواعدها النيتروجينية هو

3 .... T_T_A_G_G 5

فإذا ما تم فصل شريطي DNA عن بعضهما البعض فإن أيًا منهما يمكن أن يعمل كقالب لإنتاج شريط يتكامل معه .

الإنزيمات وتضاعف DNA

* يتطلب نسخ DNA تكامل نشاط عدد من الإنزيمات والبروتينات في الخلية ولكي يتم النسخ يتعين حدوث ما يلي :

١- ينفك اللولب المزدوج .

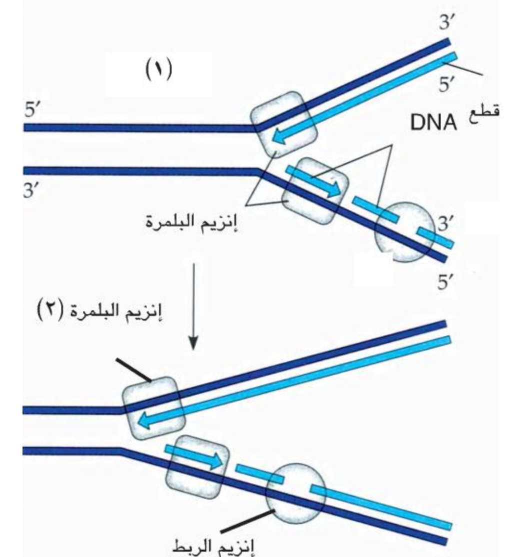
٢ – تتحرك إنزيمات اللولب على امتداد اللولب المزدوج فاصلة الشريطين عن بعضهما البعض وذلك بكسر الروابط الهيدروجينية الموجودة بين القواعد المتزاوجة في الشريطين .

٣ – يبتعد الشريطان عن بعضهما لتتمكن القواعد من تكوين روابط هيدروجينية مع نيوكليوتيدات جديدة .

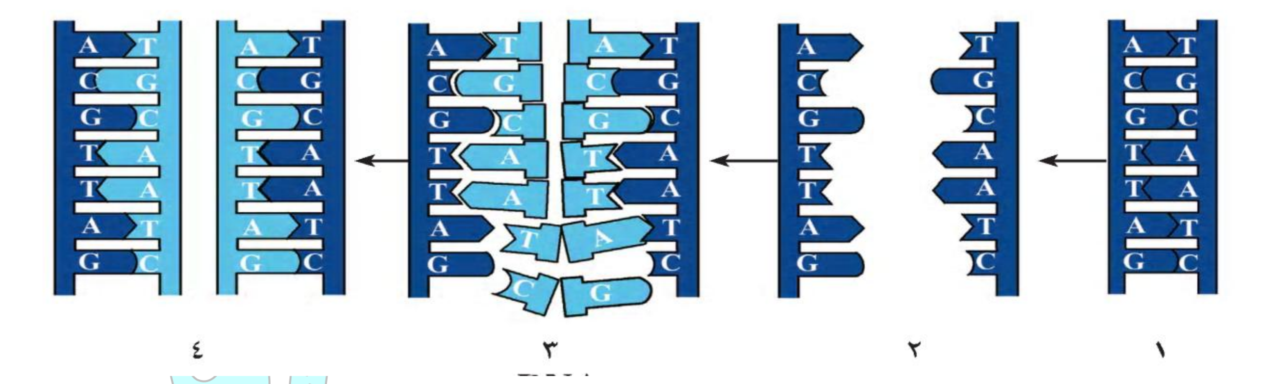
٤ – تقوم إنزيمات البلمرة ببناء أشرطة DNA الجديدة وذلك بإضافة النيوكليوتيدات الجديدة واحدة بعد الأخرى إلى النهاية 3 لشريط DNA الجديد ولكي يتم إضافة النيوكليوتيدات إلى الشريط الجديد لابد أولاً أن تتزاوج القاعدة النيتروجينية في النيوكليوتيدة مع القاعدة النيتروجينية الموجودة على شريط القالب .

لاحظ :

- إنزيم البلمرة يعمل في اتجاه واحد فقط من الطرف /5 في اتجاه /3 للشريط الجديد الذي يجرى بناؤه .



- وعلى ذلك فعندما يعمل إنزيم اللولب على فصل شريطي جزيء DNA يتم ذلك في اتجاه النهاية /3 لأحد الشريطين والنهاية 5 للشريط الآخر.
- بالنسبة للشريط القالب /3 ⟵ /5 ليست هناك مشكلة حيث أن إنزيم البلمرة يتبع إنزيم اللولب مباشرة مضيفاً نيوكليوتيدات جديدة إلى النهاية /3 .
- بالنسبة للشريط المعاكس يتم بناؤه على شكل قطع صغيرة في اتجاه /5 ⟵ /3 ثم ترتبط هذه القطع الصغيرة مع بعضها البعض بواسطة إنزيم الربط و ذلك لأن إنزيم البلمرة لا يعمل في اتجاه /3 ⟵ /5 .



تضاعف DNA حقيقيات النواة	تضاعف DNA أوليات النواة
ينتظم DNA في صورة صبغيات حيث يحتوى كل صبغي على جزئ واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر ويبدأ نسخ DNA عند أي نقطة على امتداد الجزيء .	جزئDNA يوجد على شكل لولب مزدوج إلا أن نهاياته تلتحم بعضها مع البعض وهذا الجزيء يتصل بالغشاء البلازمي للخلية عند نقطة واحدة يبدأ عندها نسخ جزئ DNA .

إصلاح عيوب DNA

* كل المركبات البيولوجية التي توجد على شكل بوليميرات (كالنشا والبروتين والأحماض النووية DNA / RNA) معرضة للتلف من حرارة الجسم ومن البيئة المائية في داخل الخلية.

البوليمرات : مركبات طويلة تتكون من وحدات بنائية متكررة كالنشا و البروتين و الأحماض النووية

* يقدر أن حوالي ٥٠٠٠ قاعدة بيورينية (أدينين و جوانين) تفقد كل يوم من DNA الموجود في الخلية البشرية وذلك لأن الحرارة تعمل على كسر الروابط التساهمية التي تربط السكريات الخماسية و بالإضافة إلى ذلك فإن DNA يمكن أن يتلف بالعديد من المركبات الكيميائية وكذلك بالإشعاع .

- **أسباب تلف DNA :**

١ – حرارة الجسم ٢ – البيئة المائية في داخل الخلية

٣ – العديد من المركبات الكيميائية ٤ – الإشعاع

* وأي تلف في جزئ DNA يمكن أن يحدث تغييرًا في المعلومات الموجودة به مما قد ينتج عنه تغيرات خطيرة في بروتينات الخلية.

ما تأثير تلف DNA ؟

* رغم أن هناك آلاف التغيرات التي تحدث لجزئ DNA كل يوم إلا أنه لا يستمر فيDNA الخلية من هذه التغيرات كل عام إلا تغيران أو ثلاثة تكون لها صفة الدوام (**علل**) لأن الغالبية العظمى من التغيرات تزال بكفاءة عالية نتيجة لنشاط مجموعة من ٢٠ أنزيمًا تعمل على إصلاح عيوب DNA يطلق عليها **إنزيمات الربط** التي تعمل في تناغم بالتعرف على المنطقة التالفة من جزيء DNA وإصلاحها حيث تستبدلها بنيوكليوتيدات تتزاوج مع تلك الموجودة على الشريط المقابل في الجزء التالف .

علل : إنزيمات الربط تلعب دورًا مهمًا في الثبات الوراثي للكائنات الحية .

* **شروط إصلاح جزيء DNA :**

- يعتمد إصلاح عيوبDNA على وجود نسختين من المعلومات الوراثية واحدة على كل من شريطي اللولب المزدوج .
- وطالما ظل أحد الشريطين دون تلف تستطيع تلك الإنزيمات أن تستخدمه كقالب لإصلاح التلف الموجود على الشريط المقابل .

وعلى ذلك :

- فإن كل تلف يمكن إصلاحه إلا إذا حدث في الشريطين في نفس الموقع وفي ذات الوقت .
- فإن الفيروسات التي مادتها الوراثية شريط مفرد من RNA يظهر بها معدل مرتفع من التغير الوراثي الذي ينشأ عن تلف في شريط RNA .

وعلى ذلك :

فاللولب المزدوج يعتبر حيويًا للثبات الوراثي للكائنات الحية التي يوجد بها (علل) .

DNA في أوليات النواة

* **أوليات النواة :** كائنات حية لا تحاط المادة الوراثية فيها بغشاء نووي بل توجد منتشرة في السيتوبلازم . مثل البكتيريا .

* **DNA في بكتيريا إيشيريشا كولاي (مثال لأوليات النواة) :**

يوجد DNA على شكل لولب مزدوج تلتحم نهاياته معًا .

- إذا تصورنا أنه أمكن فرد DNA الخاص ببكتيريا إيشيريشيا كولاي على شكل خط مستقيم لوصل طوله إلى ١.٤ مم بينما طول الخلية البكتيرية نفسها لا يصل إلا حوالي ٢ ميكرون .
- يلتف جزئ DNA البكتيري الدائري على نفسه عدة مرات ليحتل منطقة نووية تصل حوالي ٠.١ من حجم الخلية .
- يتصل DNA بالغشاء البلازمي للخلية في موقع أو أكثر.

* بعض البكتيريا تحتوى على واحدة أو أكثر من جزيئات DNA الصغيرة الدائرية يطلق عليها اسم **بلازميدات** .

– **البلازميدات :** جزيئات صغيرة دائرية من DNA لا تتعقد بوجود بروتين معها .

– **أهميتها :** تستخدم على نطاق واسع في الهندسة الوراثية ، حيث تضاعف الخلايا البكتيرية البلازميدات الموجودة بها في نفس الوقت الذي تضاعف فيه DNA الرئيسي بها. ويستغل العلماء هذا النشاط بإدخال بلازميدات صناعية إلى داخل الخلية البكتيرية بهدف الحصول على نسخ كثيرة من هذه البلازميدات .

لاحظ :

- جزيئات DNA التي توجد في الميتوكوندريا وفي البلاستيدات الخضراء (عضيات حقيقيات النواة) تشبه تلك الموجودة في أوليات النواة .
- ثبت وجود البلازميدات في خلايا الخميرة (من حقيقيات النواة) .

تركيب الصبغيات في حقيقيات النواة

* **حقيقيات النواة** : كائنات حية تحاط المادة الوراثية فيها بغشاء نووي يفصلها عن السيتوبلازم و ينتظم DNA بها في صورة صبغيات .

* تظهر الصبغيات في خلايا حقيقيات النواة أثناء انقسامها .

* **تركيب الصبغي :**

- يدخل في تركيب الصبغي جزيء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر .
- يلتف ويطوى DNA عدة مرات ويرتبط بالعديد من البروتينات مكوناً ما يسمى **بالكروماتين**.

لاحظ : يحتوى الكروماتين عادةً على كمية متساوية من البروتين و DNA .

تقسم البروتينات التي تدخل في تركيب الصبغيات إلى **بروتينات هستونية** و**غير هستونية** .

البروتينات الهستونية	البروتينات غير الهستونية
- مجموعة محددة من البروتينات التركيبية الصغيرة توجد بكميات ضخمة في كروماتين أي خلية . - تحتوى على قدر كبير من الحمضين الأمينيين القاعديين أرجنين وليسين . - وتحمل المجموعة الجانبية (R) لهذين الحمضين الأمينيين عند الأس الهيدروجيني PH العادي للخلية شحنات موجبة . وعلى ذلك فهي ترتبط بقوة بمجموعة الفوسفات الموجودة في جزئ DNA والتي تحتوى على شحنات سالبة .	- مجموعة غير متجانسة من البروتينات التركيبية و التنظيمية . - ذات وظائف عديدة مختلفة (**فسر**) فهي تشمل : ▪ **البروتينات التركيبية** (أي التي تدخل في بناء تراكيب محددة) التي تلعب دوراً رئيسيًا في التنظيم الفراغي لجزئ DNA في داخل النواة . ▪ **البروتينات التنظيمية** التي تحدد ما إذا كانت شفرة DNA ستستخدم في بناء RNA والبروتينات و الإنزيمات أم لا

* تحتوى الخلية الجسدية للإنسان على ٤٦ صبغي .

* إذا تصورنا أنه أمكن فك اللولب المزدوج لجزئ DNA في كل صبغي و وضعت هذه الجزيئات على امتداد بعضها البعض لوصل طولها إلى ٢ متر .

* الهستونات وغيرها من البروتينات هي المسئولة عن ضم هذه الجزيئات الطويلة لتقع في حيز نواة الخلية والتي يتراوح قطرها من ٢ ـــ ٣ ميكرون .

*** تكثيف DNA**

أوضح التحليل البيوكيميائى وصور المجهر الإلكتروني أن DNA يتكاثف كالتالي :

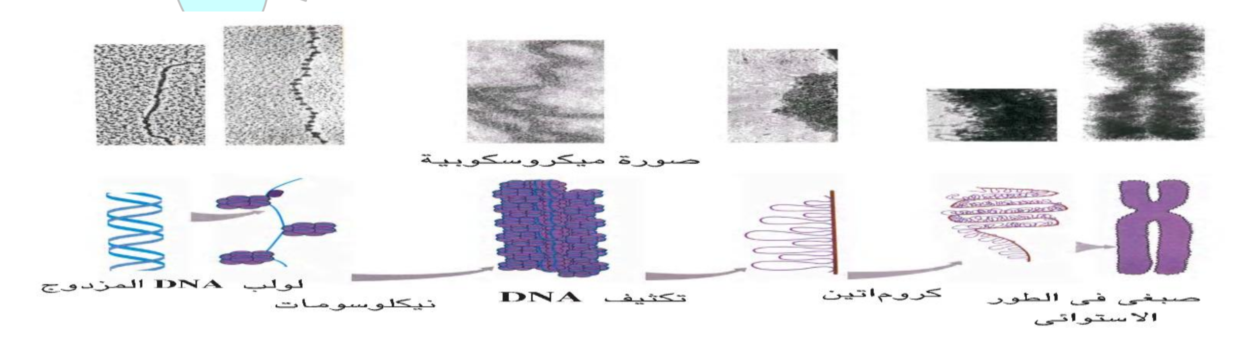
- جزيء DNA في الصبغي يلتف حول مجموعات من الهستون مكوناً حلقات من النيوكليوسومات مما يؤدى إلى تقصير طول جزئDNA عشر مرات إلا أنه يتعين أن يضم الجزيء ويقصر حوالي ١٠٠٠٠٠ مرة حتى تستوعبه النواة .

النيوكليوسومات : حلقات في الصبغي تتكون من التفاف جزيء DNA حول مجموعة من البروتينات الهستونية .

- تلتف حلقات النيوكليوسومات مرة أخرى لتنضم مع بعضها البعض ومع ذلك فإن كل ما سبق ليس بكافٍ لتقصير جزئ DNA إلى الطول المطلوب .
- ترتب أشرطة النيوكليوسومات الملتفة بشدة على شكل حلقة كبيرة بواسطة البروتينات التركيبية غير الهستونية مكونةً بذلك الكروماتين المكثف (الملتف و المكدس) .

لاحظ :

عندما يكون جزيءDNA على هذه الحالة (الكروماتين المكثف) لا تستطيع الإنزيمات أن تصل إليه ويتعين فك هذا الالتفاف والتكدس على الأقل إلى مستوى شريط من النيوكليوسومات قبل أن يعمل DNA كقالب لبناء DNA أو RNA .



خطوات تكثيف ال DNA في حقيقيات النواة

تركيب المحتوى الجيني

* **المحتوى الجيني** : كل الجينات وبالتالي كل DNA الموجود في الخلية .

* توصل الباحثون في عام ١٩٧٧ إلى طرق يمكن بها تحديد تتابعات النيوكليوتيدات في جزيئات DNA و RNA مما وفر الأدوات للوصف الدقيق لترتيب الجينات داخل جزيئات DNA في الخلية .

* يحتوي DNA على جينات تحمل التعليمات اللازمة لبناء :

- مركبات بروتينية .
- تتابع النيوكليوتيدات في جزيء RNA الريبوسومي الذي يدخل في بناء الريبوسومات .
- تتابع النيوكليوتيدات في جزيء RNA الناقل الذي يحمل الأحماض الأمينية أثناء بناء البروتين .

* **في أوليات النواة** : تمثل الجينات المسئولة عن بناء RNA و البروتينات معظم المحتوى الجيني .

* **في حقيقيات النواة** : أقل من ٧٠% من الجينات مسئول عن بناء البروتينات و RNA أما الباقي فهو غير معلوم الوظيفة .

DNA المتكرر :

* توجد معظم جينات المحتوى الجيني في الخلية بنسخة واحدة عادةً .

* إلا أن كل خلايا حقيقيات النواة تحمل عادة المئات من نسخ الجينات الخاصة ببناء RNA الريبوسومي و الهستونات التي تحتاجها الخلية بكميات كبيرة ، و وجود العديد من نسخ هذه الجينات يسرع من إنتاج الخلية للريبوسومات و الهستونات .

* أظهرت دراسة تتابعات القواعد النيتروجينية في DNA أن هناك العديد من التكرارات في بعض التتابعات ومازال الدور الذي تلعبه هذه التكرارات غير واضح .

مثال : وجد في ذبابة الفاكهة أن تتابع النيوكليوتيدات القصير التالي A_G_A_A_G يتكرر حوالي ١٠٠٠٠٠٠ مرة في منتصف أحد الصبغيات وهذا التتابع وغيره من التتابعات لا يمثل أي شفرة .

أجزاء أخرى من DNA ليست بها شفرة

* الحبيبات الطرفية الموجودة عند أطراف بعض الصبغيات .

* كمية كبيرة من DNA في المحتوى الجيني لحقيقيات النواة لا تمثل شفرة .

لاحظ علماء الوراثة أن :

– كمية DNA في المحتوى الجيني ليست لها علاقة بمقدار تعقد الكائن الحي أو عدد البروتينات التي يكونها .

– كمية صغيرة فقط من DNA في كل من النبات والحيوان هي التي تحمل شفرة بناء البروتين .

مثال : يوجد أكبر محتوى جيني في حيوان السلمندر حيث تحتوى خلاياه على كمية من DNA تعادل ٣٠ مرة قدر الكمية الموجودة في الخلايا البشرية و مع ذلك فإن هذا الحيوان تكون خلاياه كمية أقل من البروتين **(علل)** لأن كمية صغيرة فقط من DNA في هذا الحيوان هي التي تحمل شفرة بناء البروتين .

* **وظيفة أجزاء DNA التي لا تمثل شفرة :**

- ربما تعمل على احتفاظ الصبغيات بتركيبها .
- تمثل إشارات إلى الأماكن التي يجب أن يبدأ عندها بناء (m_RNA) وهذه المناطق تعتبر هامة في بناء البروتين .

الطفــرات

* **الطفرة :** تغير مفاجئ في طبيعة العوامل الوراثية المتحكمة في صفات معينة مما قد ينتج عنه تغير هذه الصفات في الكائن الحي .

* تعتبر الطفرة **حقيقية** إذا ظلت متوارثة على مدى الأجيال المختلفة .

* تعتبر الطفرة **غير حقيقية** إذا لم تورث على مدى الأجيال المختلفة .

* يجب التمييز بين الطفرة التي تحدث نتيجة لتغير تركيب العامل الوراثي ، و التغيير الذي ينجم عن تأثير البيئة ، و التغيير الذي ينجم عن انعزال الجينات وإعادة اتحادها .

* **طفرات غير مرغوب فيها :**

– تؤدى أغلب الطفرات إلى ظهور صفات غير مرغوب فيها .

- **مثل :**
- بعض التشوهات الخلقية في الإنسان .
- العقم في النبات الذي ينتج عنه نقص في محصول النبات.

*** طفرات مرغوب فيها :**

- نادرًا ما تؤدي الطفرات إلى تغيرات مرغوب فيها يحاول الإنسان استحداثها بالطرق العلمية
- مثل :
  - الطفرة التي حدثت في قطيع أغنام كان يمتلكه فلاح أمريكي فقد لاحظ ظهور خروف في قطيعه ذي أرجل قصيرة مقوسة واعتبرها الفلاح صفة نافعة حيث أن الخروف لم يستطع تسلق سور الحظيرة وإتلاف النباتات المزروعة وقد اعتنى بتربية هذه الطفرة حتى نشأت عنها سلالة كاملة تعرف باسم **أنكن** .
  - الطفرات التي يستحدثها الإنسان في نباتات المحاصيل لزيادة إنتاجها.

أنواع الطفرات :

تقسم الطفرات إلى نوعين رئيسيين هما:

١ــ الطفرات الجينية :

* تحدث نتيجة لتغير كيميائي في تركيب الجين (تغير في ترتيب القواعد النيتروجينية في جزيء DNA) مما يؤدى إلى تكوين إنزيم مختلف يظهر صفة جديدة .

* يصاحب التغيير في التركيب الكيميائي للجين تحوله غالبًا من الصورة السائدة إلى المتنحية وقد يحدث العكس في حالات نادرة .

٢ــ الطفرات الصبغية :

وتحدث هذه الطفرات بطريقتين :

(أ) التغير في عدد الصبغيات :

يعنى ذلك نقص أو زيادة صبغي أو أكثر في الأمشاج بعد الانقسام الميوزى كالآتي :

* **الزيادة في عدد الصبغيات** : كما في حالة كلاينفلتر في الإنسان (حيث تحتوى الخلايا على صبغي واحد زائد على المجموعة الصبغية) .

* **النقص في عدد الصبغيات** : كما في حالة تيرنر في الإنسان (نقص صبغي من المجموعة الصبغية في الخلايا) .

* **تضاعف عدد الصبغيات (التضاعف الصبغي) :**

- هذه الظاهرة قد تحدث في أي كائن .
- **أسباب حدوثه :**
  - عدم انفصال الكروماتيدات بعد انقسام السنترومير.
  - عدم تكوين الغشاء الفاصل بين الخليتين البنويتين .
- **شيوعه و تأثيره :**
  - التضاعف الصبغي شائع في النبات : فنسبة كبيرة من النباتات المعروفة يتم فيها ذلك التعدد الصبغى (٣ن ، ٤ن ، ٦ن ، ٨ن ، حتى١٦ن) وذلك عندما تتضاعف الصبغيات في الأمشاج وينتج عنها أفراد لها صفات جديدة نظرًا لأن كل جين يكون ممثلاً بعدد أكبر فيكون تأثيرها أكثر وضوحاً فيكون النبات أطول وتكون أعضاؤه بالتالي أكبر حجماً وبخاصة الأزهار والثمار وتوجد حاليًا كثير من المحاصيل والفواكه ذات التعدد الرباعي (٤ ن) مثل القطن والقمح والتفاح والعنب والكمثرى والفراولة وغيرها.
  - في الحيوان تقل هذه الظاهرة (**علل**) وذلك لأن تحديد الجنس في الحيوانات يقتضى وجود توازن دقيق بين عدد كل من الصبغيات الجسمية والجنسية لذا يقتصر وجودها على بعض الأنواع الخنثى من القواقع والديدان والتي ليس لديها مشكلة في تحديد الجنس .
  - في الإنسان وجد أن التضاعف الثلاثي مميت ويسبب إجهاضًا للأجنة ومع ذلك فبعض خلايا الكبد والبنكرياس يحدث بها تعدد صبغي في الإنسان .

(ب) التغير في تركيب الصبغيات :

* يحدث نتيجة تغير ترتيب الجينات على نفس الصبغى عندما :
  - تنفصل قطعة من الصبغي أثناء الانقسام وتلف حول نفسها بمقدار ١٨٠ درجة ثم يعاد التحامها في الوضع المقلوب على نفس الصبغى .
  - يتبادل صبغيان غير متماثلين أجزاء بينهما .
  - يزيد أو ينقص جزء صغير من الصبغى .

لاحظ :

* جميع الطفرات السابقة لو حدثت في الخلايا التناسلية تعرف **بالطفرات المشيجية** .
* و إذا حدثت في الخلايا الجسمية تعرف **بالطفرات الجسمية** .

الطفرات المشيجية	الطفرات الجسمية
- تحدث في الخلايا التناسلية . - الجنين الناتج تظهر عليه الصفات الجديدة . - تتم في الكائنات الحية التي تتكاثر تزاوجيًا .	- تحدث في الخلايا الجسمية . - أكثر شيوعا في النباتات التي تتكاثر خضريًا حيث ينشأ فرع جديد من النبات العادي يحمل صفات مختلفة عن النبات الأم ويمكن فصل هذا الفرع وزرعه وإكثاره خضريًا إذا كانت الصفة الجديدة مرغوبًا فيها.

منشأ الطفرة :

* الطفرة قد تكون تلقائية أو مستحدثة .

١ - **الطفرة التلقائية :**

* تنشأ دون تدخل الإنسان ونسبتها ضئيلة جدًا في شتى الكائنات الحية .

* **سبب حدوثها :** تأثيرات البيئة التي تحيط بالكائن الحي مثل :

- الأشعة فوق البنفسجية .
- الأشعة الكونية .
- المركبات الكيميائية المختلفة التي يتعرض لها الكائن الحي .

* تلعب الطفرات التلقائية دورًا هامًا في عملية تطور الأحياء .

٢ - **الطفرات المستحدثة :**

* يستحدثها الإنسان ليحدث تغييرات مرغوبة في صفات كائنات معينة .

* يستخدم الإنسان في ذلك :

▪ عوامل طبيعية مثل :

- أشعة إكس   - أشعة جاما   - الأشعة فوق البنفسجية

▪ بعض المواد الكيميائية مثل :

- غاز الخردل   - مادة الكولشيسين   - حامض النيتروز

عند معالجة النبات بهذه المواد يحدث ضمور خلايا القمة النامية وموتها لتتجدد تحتها أنسجة جديدة تحتوى خلاياها على عدد مضاعف من الصبغيات .

لاحظ :

* أغلب الطفرات المستحدثة تحمل صفات غير مرغوبة غير أن الإنسان ينتقى منها ما هو نافع

مثل :

– الطفرات التي تؤدى إلى تكوين أشجار فواكه ذات ثمار كبيرة وطعم حلو المذاق وخالية من البذور

– إنتاج طفرات لكائنات دقيقة كالبنسليوم لها قدرة على إنتاج كميات كبيرة من المضادات الحيوية .

الفصل الثاني

الأحماض النووية و تخليق البروتين

تركيب وتخليق البروتين

* يوجد في الأنظمة الحية آلاف الأنواع من المركبات البروتينية التي يمكن تقسيمها إلى قسمين رئيسيين هما :

البروتينات التركيبية	البروتينات التنظيمية
* هي البروتينات التي تدخل في تراكيب محددة في الكائن الحي .	* هي البروتينات التي تنظم العديد من عمليات وأنشطة الكائن الحي .
* **أمثلة :**	* **أمثلة :**
– **الأكتين و الميوسين** الذين يدخلان في تركيب العضلات وغيرها من أعضاء الحركة	– **الإنزيمات** التي تنشط التفاعلات الكيميائية بالكائنات الحية .
– **الكولاجين** الذي يدخل في تركيب الأنسجة الضامة .	– **الأجسام المضادة** التي تعطى الجسم مناعة ضد الأجسام الغريبة .
– **الكيراتين** الذي يكون الأغطية الواقية كالجلد والشعر والحوافر والقرون والريش وغيرها.	– **الهرمونات وغير ذلك من المواد** التي تمكن الكائنات الحية من الاستجابة للتغير المستمر في البيئة الداخلية والخارجية .

* هناك خطة مشتركة لبناء آلاف الأنواع من البروتينات التي توجد في الأنظمة الحية .

* هناك عشرون نوعًا من الوحدات البنائية للبروتين هي **الأحماض الأمينية** .

H
|
R - C - COOH
|
NH_2

حمض أميني

* للأحماض الأمينية العشرين تركيب أساسي واحد .

* **تركيب الحمض الأميني :**

يتركب الحمض الأميني من **ذرة الكربون الأولى** يتصل بها أربع مجموعات :

- مجموعة كربوكسيل (COOH) .
- مجموعة أمينية (NH2) .
- ذرة هيدروجين .
- مجموعة الكيل (R) تختلف باختلاف الحمض الأميني (توجد في ١٩ حمضًا أمينيًا).

لاحظ :

الحمض الأميني جلايسين يحتوى على ذرة هيدروجين أخرى مرتبطة بذرة الكربون الأولى بدلاً من مجموعة الألكيل .

* ترتبط الأحماض الأمينية مع بعضها البعض في وجود إنزيمات خاصة في تفاعل نازع للماء بروابط ببتيدية لتكوين بوليمر عديد الببتيد الذي يكون البروتين.

* **الفروق بين البروتينات المختلفة ترجع إلى :**

١ – اختلاف أعداد وأنواع وترتيب الأحماض الأمينية في البوليميرات .

٢ – عدد البوليميرات التي تدخل في بناء البروتين .

٣ – الروابط الهيدروجينية الضعيفة التي قد تعطى للجزيء شكله المميز .

* عملية تخليق البروتين عمليه معقدة تتضمن تداخل العديد من الأنواع المختلفة من الجزيئات.

الأحماض النووية الريبوزية (RNAs)

* **أوجه الشبه بين جزيئات RNA و جزيء DNA :**

- يتكون كل منهما من سلسلة طويلة غير متفرعة من وحدات بنائية من النيوكليوتيدات .
- وتتكون كل نيوكليوتيدة من :
  - جزئ من سكر خماسي .
  - قاعدة نيتروجينية .
  - مجموعة من الفوسفات .
- ترتبط مجموعة الفوسفات الخاصة بنيوكليوتيدة معينة بذرة الكربون رقم ٣ في النيوكليوتيدة السابقة ليتكون هيكل سكر فوسفات للحمض النووي .

*** أوجه الاختلاف بين جزيئات RNA جزيء DNA :**

١ – **نوع السكر :**

- يدخل في تكوين RNA سكر **الريبوز** .
- يدخل في تكوين DNA سكر **الديوكسي ريبوز** الذي يحتوى على ذرة أكسجين أقل من سكر الريبوز ، ومن هنا كان الاسم Deoxyribonucleic acid .

٢ – **عدد الأشرطة :**

- يتكون RNA من شريط مفرد من النيوكليوتيدات ، و قد يكون مزدوج الشريط في بعض أجزائه.
- يتكون DNA من شريط مزدوج أي يتكون من شريطين متكاملين من النيوكليوتيدات .

٣ – **القواعد النيتروجينية في نيوكليوتيدات كل منهما :**

- في DNA يوجد الأدينين و الجوانين والسيتوزين والثايمين .
- يحتوى RNA على الأدينين و الجوانين والسيتوزين إلا أن اليوراسيل يوجد بدلاً من الثايمين الذي يزدوج مع الأدينين.

*** هناك ثلاثة أنواع من حمض RNA تسهم في بناء البروتين :**

١ – **حمض RNA الرسول (mRNA) :**

*** نسخ حمض RNA الرسول :**

– ينسخ mRNA من أحد شريطي DNA .

– تبدأ عمليه نسخ DNA بارتباط إنزيم بلمرة RNA بتتابع للنيوكليوتيدات على DNA يسمى **المحفز .**

– بعد ذلك ينفصل شريطا DNA بعضهما عن بعض حيث يعمل أحدهما كقالب لتكوين شريط متكامل من RNA .

– يتحرك الإنزيم على امتداد DNA حيث يتم ربط الريبونيوكليوتيدات المتكاملة إلى شريط RNA النامي واحد تلو الآخر .

لاحظ :

- يعمل الإنزيم في اتجاه 5/ ←—— 3/ على قالب DNA (أي يكون القالب في اتجاه 3/ ←—— 5/) مجمعاً RNA في اتجاه 5/ ←—— 3/ .
- وتشبه هذه العملية تضاعف DNA مع فرق رئيسي واحد هو أنه عندما يتم تضاعف DNA فإن العملية لا تقف إلا بعد نسخ كل DNA الخلية أما في حالة RNA فإنه يتم نسخ جزء فقط من DNA .
- وحيث أن جزئ DNA مزدوج الشريط فمن الناحية النظرية يمكن لأي جزء منه أن ينسخ إلى جزأين مختلفين من RNA يتكامل كل منهما مع أحد الشريطين إلا أن ما حدث في الواقع هو أن شريطًا واحدًا فقط من DNA هو الذي يتم نسخ قطعة منه ويدل توجيه المحفز على الشريط الذي سينسخ .

فسر : يمكن نظريًا نسخ mRNA من أي من شريطي DNA و لكن لا يمكن تحقيق ذلك عمليًا .

المحفز : تتابع للنيوكليوتيدات على DNA يرتبط به إنزيم بلمرة mRNA و يدل على الشريط الذي سينسخ .

*** تختلف عملية نسخ mRNA في أوليات و حقيقيات النواة ، كالتالي :**

نسخ mRNA في أوليات النواة	نسخ mRNA في حقيقيات النواة
– يوجد إنزيم بلمرة واحد ينسخ الأحماض النووية الريبوزية الثلاثة . – عندما يتم بناء mRNA يصبح على استعداد لعملية الترجمة ، حيث ترتبط الريبوسومات ببداية mRNA وتبدأ في ترجمته إلى بروتين بينما يكون الطرف الآخر للجزيء مازال في مرحلة البناء على قالب DNA .	– يوجد إنزيم بلمرة خاص بكل نوع من الأحماض النووية الريبوزية الثلاثة . – يتعين بناء mRNA كاملاً في النواة ثم انتقاله إلى السيتوبلازم من خلال ثقوب الغشاء النووي ليتم ترجمته إلى البروتين المقابل .

*** تركيب جزيء mRNA :**

- **عند بداية جزئ mRNA :** يوجد موقع الارتباط بالريبوسوم وهو تتابع للنيوكليوتيدات يرتبط بالريبوسوم بحيث يصبح أول كودون AUG متجها إلى أعلى وهو الوضع الصحيح للترجمة و آخر كودون يسمى كودون الوقف و يكون واحدًا من ثلاثة كودونات هي UGA – UAG – UAA .
- **عند الطرف الآخر من جزيء mRNA :** يوجد نهاية من عديد الأدينين (ذيل مكون من حوالي ٢٠٠ أدينوزين) **(علل)** يحمى mRNA من الانحلال بواسطة الإنزيمات الموجودة في السيتوبلازم

موقع الارتباط بالريبوسوم
كودون بدء
كودون وقف
mRNA
AUG
UAG
AAAAAA
ذيل عديد الأدينين

رسم تخطيطى لجزىء mRNA يظهر به موقع الارتباط بالريبوسوم وذيل عديد الأدينين وكودون البدء

٢- حمض RNA الريبوسومي (rRNA) :

*** وظيفته :**

يدخل أربعة أنواع مختلفة من حمض rRNA مع حوالي ٧٠ نوعًا من عديد الببتيد في بناء الريبوسومات (عضيات بناء البروتين) .

*** بناء الريبوسومات في حقيقيات النواة :**

- يتم بناء الريبوسومات في حقيقيات النواة في منطقة من النواة تسمى **النوية** .
- يتم بناء الآلاف من الريبوسومات في الساعة ومما يجعل هذا المعدل السريع ممكنًا هو أن DNA في خلايا حقيقيات النواة يحتوى على ما يزيد على ٦٠٠ نسخة من جينات RNA الريبوسومي التي ينسخ منها rRNA
- هناك أربعة أنواع مختلفة من rRNA تدخل مع البروتين في بناء الريبوسومات .

(علل) يتم بناء آلاف الريبوسومات في الساعة في خلايا حقيقيات النواة .

*** تركيب الريبوسوم :**

ويتكون الريبوسوم الوظيفي من تحت وحدتين :

- **تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة** ، و هي تحتوي على موقعين :
  - موقع الببتيديل (P) .
  - موقع الأمينو أسيل (A) .
- **تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة .**

لاحظ :

- عندما لا يكون الريبوسوم قائمًا بعمله في إنتاج البروتين فإن تحت الوحدتين تنفصلان عن بعضهما وتتحرك كل منها بحرية وقد يرتبط كل منهما مع تحت وحدة أخرى من النوع المقابل عندما تبدأ عملية بناء البروتين مرة أخرى .

فسر : قد تتبادل الريبوسومات تحت وحدتيها عند بدء عملية بناء البروتين بعد توقفها .

- ويتم بناء بروتينات الريبوسومات في السيتوبلازم ثم تنتقل عبر غشاء النواة إلى داخل النواة حيث يُكون كل من rRNA وعديدات الببتيد تحت وحدات الريبوسوم .
- وأثناء عملية بناء البروتين يحدث تداخل بين mRNA و rRNA .

٣ – حمض RNA الناقل (tRNA) :

موقع ارتباط الحمض الأميني

مضاد الكودون

*** وظيفته :**

يحمل الأحماض الأمينية إلى الريبوسومات .

لاحظ :

- لكل حمض أميني نوع خاص من tRNA يتعرف الحمض الأميني وينقله .
- الأحماض الأمينية التي لها أكثر من شفرة يكون لها أكثر من نوع من tRNA ، لذا يكون عدد tRNA أكثر من عشرين .

*** نسخ tRNA :**

ينسخ tRNA من جينات tRNA التي توجد عادة على شكل تجمعات من ٧–٨ جينات على نفس الجزء من جزئ DNA .

*** الشكل العام لجزيء tRNA :**

– لكل جزيئات tRNA نفس الشكل العام ، حيث تلتف أجزاء من الجزيء لتكون حلقات تحتفظ بشكلها بازدواج القواعد في مناطق مختلفة من الجزيء.

– يوجد موقعان على جزئ tRNA لهما دور في بناء البروتين :

- **الموقع الأول :** هو الذي يتحد فيه الجزيء بالحمض الأميني الخاص به ويتكون هذا الموقع من ثلاث قواعد CCA عند الطرف 3 من الجزيء .

- **الموقع الآخر :** هو مقابل الكودون الذي تتزاوج قواعده مع كودونات mRNA المناسبة عند مركب mRNA و الريبوسوم حيث يحدث ارتباط مؤقت بين tRNA وmRNA يسمح للحمض الأميني المحمول على tRNA أن يدخل في سلسلة عديد الببتيد في المكان المحدد .

الشفرة الوراثية

* **الشفرة الوراثية :** هي تتابع النيوكليوتيدات في ثلاثيات على mRNA و التي تم نسخها من أحد شريطي DNA .

* ينتقل mRNA إلى الريبوسوم حيث يترجم إلى تتابع للأحماض الأمينية في سلسلة عديد الببتيد الذي يكون بروتينًا معينًا .

* **عدد النيوكليوتيدات التي تكون شفرة الحمض الأميني :**

– هناك عشرين حمضًا أمينيًا مختلفًا تدخل في بناء البروتينات .

– هناك أربع نيوكليوتيدات فقط تدخل في بناء كل من DNA و RNA .

– وعلى ذلك **فاللغة الوراثية** تحتوى على أربعة حروف أبجدية وهذه الحروف الأربعة من النيوكليوتيدات .

– وهذه الحروف الأربعة من النيوكليوتيدات يجب أن تشكل عشرين كلمة تدل كل منها على حمض أميني معين .

– ولا يمكن أن تتكون كل كلمة من حرف واحد لأن ذلك يعنى وجود أربع كلمات فقط على صور شفرة هي A-G-C-U والبروتينات بذلك تحتوى على أربعة أحماض أمينية فقط .

– وبالمثل فإن الكلمات لا يمكن أن تتكون من جزأين اثنين فقط (نيوكليوتيدتين) وذلك لأن الحروف الأربعة إذا رتبت في كل الاحتمالات الممكنة لاثنين معًا تعطى $٤^{٢}$ = ١٦ كلمة شفرة مختلفة ، مازال غير كاف للعشرين حمضًا أمينيًا التي تدخل في بناء البروتين .

– أما إذا رتبت الأربعة حروف (نيوكليوتيدات) على شكل ثلاثيات فإنها ستنتج $٤^{٣}$ = ٦٤ كلمة شفرة وهذا أكثر من الحاجة لتكوين شفرة لكل حمض أميني وعلى ذلك فأصغر حجم نظري لكلمة شفرة DNA هو ثلاث نيوكليوتيدات **(علل)** .

علل : الشفرة الوراثية ثلاثية .

* تسمى شفرة الحمض الأميني بــ " الكودون " .

– يوجد كودون واحد لبدء تخليق البروتين يسمى **كودون البدء** وهو (AUG) .

– يوجد ثلاثة كودونات (UGA-UAA-UAG) توقف بناء البروتين أي أنها تعطى إشارة عند النقطة التي يجب أن تقف عندها آلية بناء البروتين وتنتهي سلسلة عديد الببتيد .

* الشفرة الوراثية عالمية أو عامة (**علل**) لأن نفس الكودونات تمثل شفرات لنفس الأحماض الأمينية في كل الكائنات الحية من الفيروسات إلى البكتيريا و الفطريات و النباتات و الحيوانات . وهذا دليل قوى على أن كل الكائنات الحية الموجودة الآن على وجه الأرض قد نشأت عن أسلاف مشتركة ، وعلى ذلك يظهر أن الشفرة قد تكونت بعد فترة قصيرة من بدء الحياة واستمرت بدون تغير تقريبًا لملايين السنين منذ ذلك الوقت .

فسر : الشفرة الوراثية دليل على حدوث التطور .

تخليق البروتين

يتم تخليق البروتين على ثلاث مراحل رئيسية كالتالي :

*** أولاً : بدء عملية الترجمة :**

١ – يبدأ تخليق البروتين عندما ترتبط تحت وحدة ريبوسوم صغيرة بجزيء mRNA الذي أول كودون به هو AUG ويكون متجهًا لأعلى .

٢ – تتزاوج قواعد مضاد الكودون لجزيء tRNA الخاص بالميثيونين مع كودون AUG وبذلك يصبح الحمض الأميني ميثيونين أول حمض أميني في سلسلة عديد الببتيد التي ستبنى .

٣ – ترتبط تحت وحدة ريبوسوم كبيرة بالمركب السابق (تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة + tRNA+ mRNA) وعندئذ تبدأ تفاعلات بناء البروتين .

لاحظ :

- ويوجد على الريبوسوم موقعان يمكن أن ترتبط بهما جزيئات tRNA هما موقع الببتيديل (P) و موقع الأمينو أسيل (A) .
- كودون البدء AUG يكون عند موقع الببتيديل (P) .
- الحمض الأميني **ميثيونين** أول حمض أميني في سلسلة عديد الببتيد (**علل**) لأن أول كودون على mRNA هو AUG و يمثل شفرة الحمض الأميني ميثيونين .

* **ثانياً : استطالة سلسلة عديد الببتيد :**

تبدأ سلسلة عديد الببتيد في الاستطالة في دورة تتكون من ثلاث خطوات :

١ – يرتبط مضاد كودون tRNA آخر بالكودون التالي على جزيء mRNA في موقع الأمينو أسيل (A) حاملاً الحمض الأميني الثاني في سلسلة عديد الببتيد .

٢ – حدوث تفاعل نقل الببتيديل الذي ينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية بين الحمضين الأمينيين الأول و الثاني بمساعدة إنزيم ينشط التفاعل و هذا الإنزيم عبارة عن جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة ، ونتيجة لذلك يصبح tRNA الأول فارغاً ويترك الريبوسوم وقد يلتقط ميثيونين آخر أما tRNA الثاني فيحمل الحمضين الأمينيين معًا .

٣ – يتحرك الريبوسوم على امتداد mRNA وهذه العملية تأتى بالكودون التالي إلى الموقع P على الريبوسوم .

– ثم تبدأ الدورة مرة أخرى حيث يرتبط مضاد كودون على tRNA مناسب بكودون mRNA جالبًا الحمض الأميني الثالث إلى الموضع المناسب على الموقع A .

– ترتبط سلسلة عديد الببتيد النامية بالحمض الأميني الجديد القادم على جزيء tRNA الثالث ، ثم يتكرر التتابع .

ثالثاً : توقف بناء البروتين :

١ – تقف عملية بناء البروتين عندما يصل الريبوسوم إلى كودون وقف على mRNA حيث يرتبط عامل الإطلاق بكودون الوقف مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA وتنفصل وحدتا الريبوسوم عن بعضها البعض .

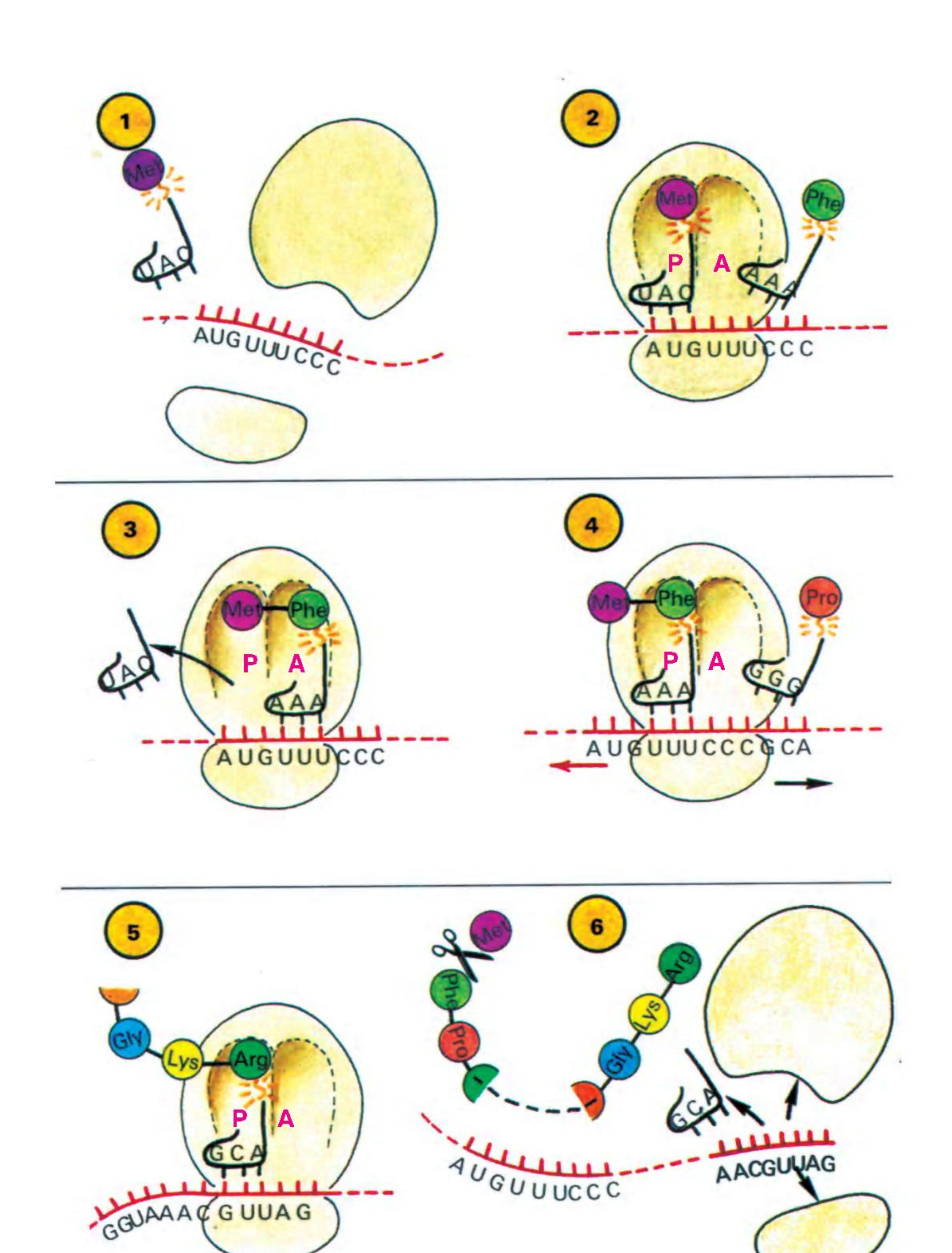
* **عامل الإطلاق :** بروتين يرتبط بكودون الوقف على جزيء mRNA مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA وتنفصل وحدتا الريبوسوم عن بعضها البعض .

٢ – وما أن يبرز الطرف (5) لجزئ mRNA من الريبوسوم حتى يرتبط تحت وحدة ريبوسوم صغيرة أخرى لتبدأ دورة أخرى في بناء البروتين .

لاحظ :

عادة ما يتصل بجزيء mRNA عدد من الريبوسومات قد يصل إلى المائة يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA ويطلق عليه عندئذ **عديد الريبوسوم** .

* **عديد الريبوسوم :** جزيء mRNA عندما يتصل به عدد من الريبوسومات قد يصل إلى المائة يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA .


1
Met
UAC
AUGUUUCCC
2
Met
Phe
P
A
UAC
AAA
AUGUUUCCC
3
Met
Phe
UAC
P
A
AAA
AUGUUUCCC
4
Met
Phe
Pro
P
A
AAA
GGG
AUGUUUCCCGCA
5
Gly
Lys
Arg
P
A
GCA
GGUAAACGUUAG
6
Met
Phe
Pro
Gly
Lys
Arg
GCA
AUGUUUCCC
AACGUUAG

التكنولوجيا الجزيئية

*** أهم إنجازات التكنولوجيا الجزيئية (الهندسة الوراثية) :**

بعد التقدم في معرفة تركيب الجين وكيفية تخليق البروتين أصبح من الممكن الآن :

١ – عزل جين مرغوب فيه وتكوين ملايين النسخ منه في داخل خليه بكتيرية أو خلية خميرة .

٢ – تحليل أي جين لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات فيه .

٣ – معرفة تتابع الأحماض الأمينية في البروتين المقابل (نتيجة معرفتنا لتتابع النيوكليوتيدات في الجين) .

٤ – إجراء مقارنة بين تركيب جينات نفس الفرد أو جينات أفراد مختلفة .

٥ – نقل جينات وظيفية إلى خلايا نباتية وأخرى حيوانية .

٦ – بناء جزيئات DNA حسب الطلب حيث تمكن خورانا من إنتاج جين صناعي وادخله إلى داخل خلية بكتيرية .

لاحظ :

يوجد الآن في العديد من المعامل نظم جينية يمكن برمجتها لإنتاج شريط قصير من DNA يحتوى على تتابع النيوكليوتيدات الذي نرغب فيه .

٧ – استخدام DNA المبنى حسب الطلب في تجارب تخليق البروتين فعن طريق تغيير الشفرة لاستبدال حمض أميني بآخر يستطيع علماء الكيمياء الحيوية دراسة تأثير الأحماض الأمينية على وظيفة البروتين .

تقنيات التكنولوجيا الجزيئية

تهجين الحمض النووي:

* الأساس العلمي لتهجين الحمض النووي :

– عند رفع درجة حرارة جزئ DNA إلى ١٠٠°م تتكسر الروابط الهيدروجينية التي تربط القواعد المتزاوجة في شريطي اللولب المزدوج ويتكون شريطان مفردان غير ثابتين .

ماذا يحدث عند : رفع درجة حرارة جزئ DNA إلى ١٠٠°م ؟

– وعند خفض درجة حرارة DNA فإن الأشرطة المفردة تميل إلى الوصول إلى حالة الثبات عن طريق تزاوج كل شريط مع شريط آخر لتكوين لولب مزدوج مرة أخرى .

ماذا يحدث عند : خفض درجة حرارة جزئ DNA بعد تسخينه إلى ١٠٠°م ؟

- أي شريطين مفردين من DNA أو RNA يمكنهما تكوين شريط مزدوج إذا وجد بهما تتابعات ولو قصيرة من القواعد المتكاملة .

- تتوقف شدة التصاق الشريطين على درجة التكامل بين تتابعات قواعدهما النيتروجينية .

- ويمكن قياس شدة الالتصاق بين شريطي النيوكليوتيدات بمقدار الحرارة اللازمة لفصل الشريطين مرة أخرى فكلما كانت شدة التصاق الشريطين كبيرة زاد مقدار الحرارة اللازمة لفصلهما .

كيف يمكن قياس شدة الالتصاق بين شريطي النيوكليوتيدات ؟

كيف تستدل على شدة الالتصاق بين شريطي النيوكليوتيدات ؟

- ويمكن استخدام قدرة الشريط المفرد ل DNA أو RNA على الالتصاق طويلاً في إنتاج لولب مزدوج هجين .

*** كيفية تكوين DNA المهجن :**

١ - مزج الأحماض النووية من مصدرين مختلفين (نوعين مختلفين من الكائنات الحية) .

٢ - رفع درجة الحرارة إلى ١٠٠ م .

٣ - يسمح للخليط أن يبرد فتتكون بعض اللوالب المزدوجة الأصلية و تتكون في نفس الوقت عدد من اللوالب المزدوجة الهجين يتكون كل منهما من شريط من كلا المصدرين .

DNA المهجن : لولب مزدوج يتكون من شريطين أحدهما من كائن حي و الشريط المتكامل معه من كائن حي آخر .

*** استخدامات DNA المهجن :**

١ - **الكشف عن وجود جين معين داخل محتواه الجيني وكميته** ، و يتم كالتالي :

- يحضر شريط مفرد لتتابعات النيوكليوتيدات يتكامل مع أحد أشرطة الجين محل الدراسة وتستخدم النظائر المشعة في تحضير هذا الشريط حتى يسهل التعرف عليه بعد ذلك .
- يخلط هذا الشريط مع العينة غير المعروفة ويستدل على وجود الجين في الخليط بالسرعة التي تتكون بها اللوالب المزدوجة المشعة.

٢ - **تحديد العلاقات التطورية بين الأنواع المختلفة :**

كلما كانت العلاقات التطورية أقرب بين نوعين كلما تشابه تتابع نيوكليوتيدات DNA بهما وزادت درجة التهجين بينهما .

إنزيمات القطع أو القصر البكتيرية

* كان من المعروف أن الفيروسات التي تنمو في داخل سلالات معينة من بكتيريا(E-coli) يقتصر نموها على هذه السلالات فقط ولا تستطيع أن تنمو داخل سلالات أخرى .

* أرجع الباحثون ذلك إلى أن هذه **السلالات المقاومة** من البكتيريا تكون إنزيمات تتعرف على مواقع معينة على جزيء DNA الفيروسي الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة وقد أطلق على هذه الإنزيمات اسم **إنزيمات القصر** .

إنزيمات القصر (القطع) البكتيرية : إنزيمات تفرزها السلالات المقاومة للفيروسات تتعرف على مواقع معينة على جزيء DNA الفيروسي الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة .

* **لماذا لا تهاجم هذه الإنزيمات DNA الخاص بالخلية البكتيرية ؟**

لأن البكتيريا لكي تحافظ على DNA الخاص بها فإنها تكون إنزيمات معدلة . حيث تضيف مجموعة ميثيل (CH_3) إلى النيوكليوتيدات في مواقع جزئ DNA البكتيري التي تتماثل مع مواقع تعرف الفيروس مما يجعل DNA البكتيري مقاومًا لفعل هذا الإنزيم .

* اتضح أن إنزيمات القصر منتشرة في الكائنات الدقيقة ، كما تم فصل ما يزيد على ٢٥٠ إنزيماً من سلالات بكتيرية مختلفة .

* **كيفية عمل إنزيمات القصر :**

- وكل إنزيم من هذه الإنزيمات يتعرف على تتابع معين للنيوكليوتيدات مكون من ٤-٧ نيوكليوتيدات يسمى " **موقع التعرف** " .
- ويقص الإنزيم جزيء DNA عند أو بالقرب من موقع التعرف .

لاحظ :

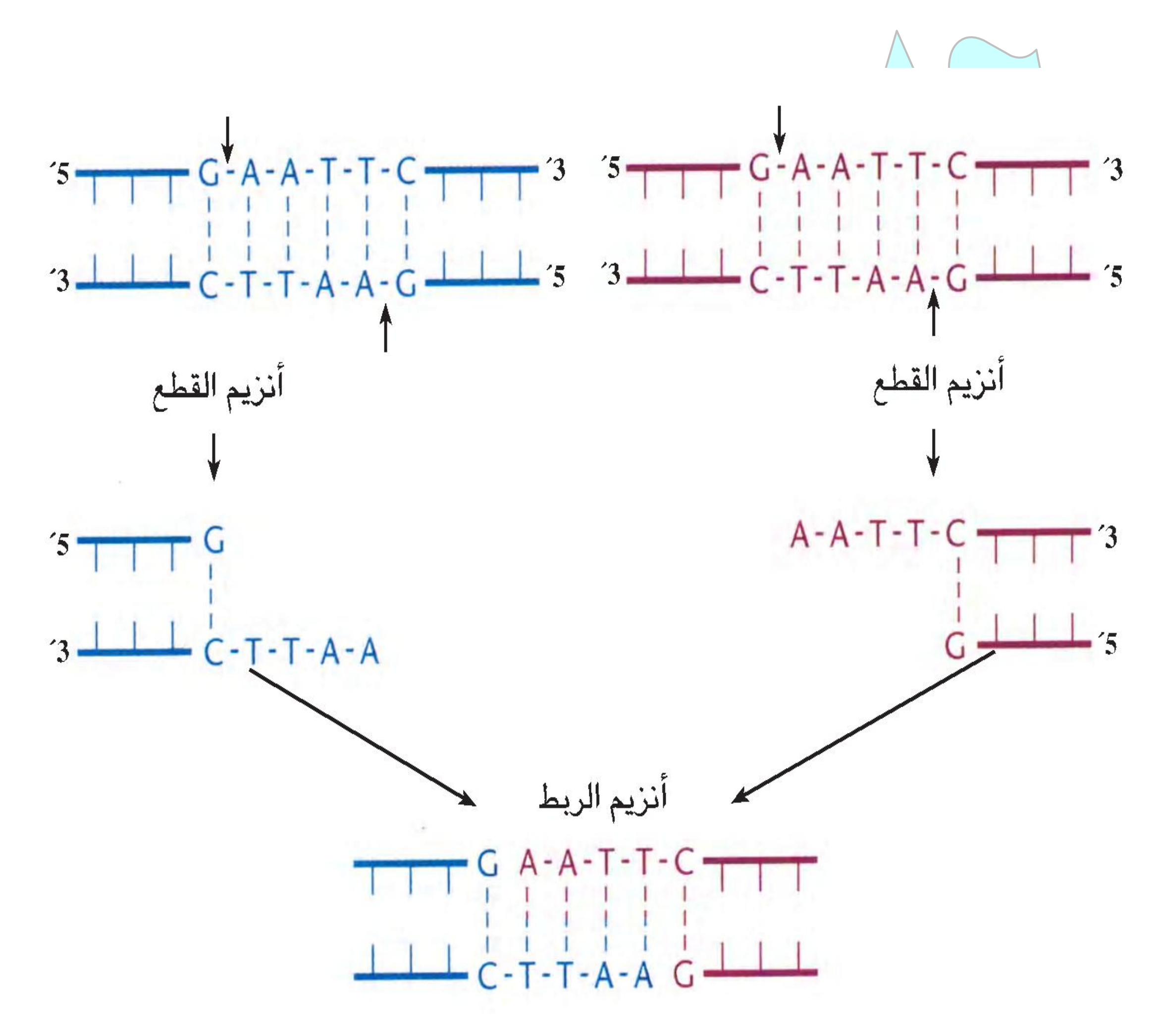
- تتابع القواعد النيتروجينية على شريطي DNA عند موقع القطع يكون هو نفسه عندما يقرأ التتابع على كل شريط في اتجاه (′3) .
- لكل إنزيم قصر القدرة على قطع جزيء DNA بغض النظر عن مصدره DNA فيروسي أو بكتيري أو نباتي أو حيواني مادام هذا الجزء يحتوى نسخة أو أكثر من تتابعات التعرف .

*** أهمية إنزيمات القصر :**

– توفر إنزيمات القصر وسيلة لقص DNA إلى قطع معلومة النيوكليوتيدات عند أطرافها .

– العديد من إنزيمات القصر يكون أطرافاً مائلة حيث تكون قطع اللولب المزدوج ذات طرفين مفردي الشريط يطلق عليها" الأطراف اللاصقة " **(علل)** لأن قواعدها تتزاوج مع طرف قطعة أخرى لشريط آخر نتج عن استخدام نفس الإنزيم على أي DNA آخر .

– ويمكن بعد ذلك ربط الطرفين إلى شريط واحد بواسطة إنزيم الربط وبهذه الطريقة يمكن لصق قطعة معينة من جزئ DNA بقطعة أخرى من جزئ آخر.



دور انزيمات القصر والربط فى قطع وربط قطعتين مختلفتين من DNA عند مواقع محددة

استنساخ تتابعات DNA

* هناك طريقتان للحصول على قطع DNA لمضاعفتها(لاستنساخها) :

الطريقة الأولى :

- يتم الحصول على المحتوى الجيني للخلية (فصل كمية DNA بها) .
- ثم يتم قص DNA بواسطة إنزيمات القصر .

بهذه الطريقة يتم الحصول من المحتوى الجيني لأحد الثدييات مثلاً- على ملايين من قطع DNA يتم لصق هذه القطع ببلازميدات أو فاج لمضاعفتها .

لاحظ :

يتم استخدام تقنيات انتقائية مختلفة لعزل تتابع DNA المرغوب في التعامل معه .

الطريقة الثانية : استخدام mRNA (و هي الأفضل) :

- يتم عزل mRNA من بعض الخلايا التي يكون بها الجين نشطاً مثل خلايا البنكرياس التي تكون الأنسولين و الخلايا المولدة لكرات الدم الحمراء التي تكون الهيموجلوبين (**علل**) ففي هذه الخلايا توجد كمية كبيرة من mRNA الذي يحمل الرسالة اللازمة لبناء هذه البروتينات .
- يتم استخدام mRNA كقالب لبناء شريط DNA الذي يتكامل معه و ذلك باستخدام **إنزيم النسخ العكسي** .
- يتم بناء الشريط المتكامل مع الشريط المتكون بواسطة إنزيم بلمرة DNA فنحصل على لولب مزدوج من DNA يمكن استنساخه .

لاحظ :

توجد شفرة إنزيم النسخ العكسي في الفيروسات التي محتواها الجيني يتكون من mRNA (**علل**) حيث تستخدمه في تحويل محتواها من RNA إلى DNA الذي يرتبط بالمحتوى الجيني من DNA في خلية العائل .

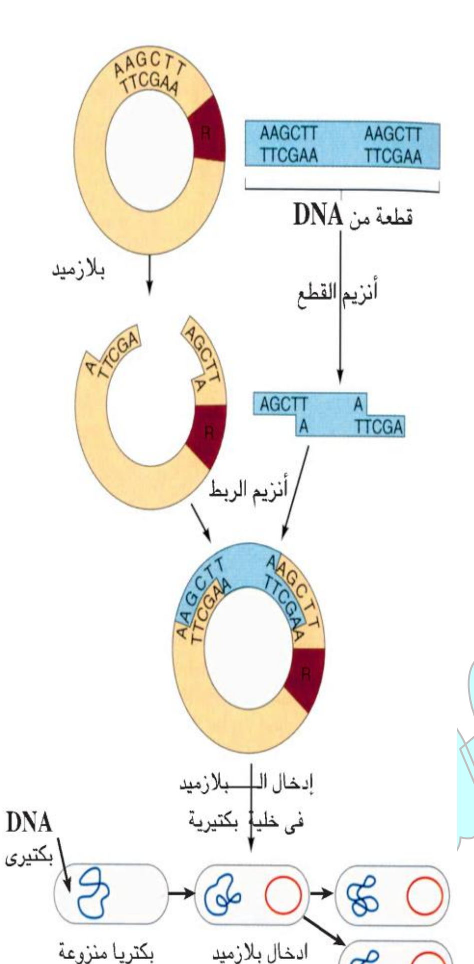
*** طرق استنساخ تتابعات DNA :**

يتم نسخ جين أو قطعة من DNA بطريقتين هما :

أ – **استخدام البلازميد (أو الفاج) :**

يقوم علماء البيولوجي بإنتاج العديد من نسخ جين ما أو قطعة من DNA وذلك بلصقها بجزيء ما يحملها إلى خلية بكتيرية وعادة ما يكون هذا الحامل فاج أو بلازميد . و يتم ذلك كالآتي :

١ – يتم عزل DNA (أو الجين) المراد استنساخه .



٢ – لكي يلصق الجين الغريب أو قطعة DNA بالبلازميد يعامل كل من الجين والبلازميد بنفس إنزيم القصر لتكوين نهايات مفردة الشريط متكاملة القواعد لاصقة .

٣ – يتم خلط الاثنين فتتزاوج قواعد النهايات اللاصقة للبلازميد مع النهايات اللاصقة للجين ثم يتم ربط الاثنين باستخدام إنزيم الربط .

٤ – يضاف البلازميد إلى مزرعة من البكتيريا أو خلايا الخميرة التي سبق معاملتها لزيادة نفاذيتها لـــ DNA حيث تدخل بعض البلازميدات إلى داخل الخلايا وكلما نمت هذه الخلايا وانقسمت تتضاعف البلازميدات مع تضاعف المحتوى الجيني للخلية .

٥ – يتم كسر الخلايا وتحرير البلازميدات ويتم إطلاق الجين من البلازميدات باستخدام نفس إنزيم القصر الذي سبق استخدامه .

٦ – يتم عزل الجينات بالطرد المركزي المفرق وبذلك يصبح لدى الباحث كمية كافية من الجين أو قطع DNA المتماثلة يستطيع أن يحللها لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات بها أو يمكن زراعها في خلية أخرى .

ب – **استخدام جهاز PCR**

* هذه الطريقة هي المستخدمة حاليًا .

* يستخدم هذا الجهاز إنزيم **تاك بوليميريز** الذي يعمل عند درجة حرارة مرتفعة .

* يستطيع هذا الجهاز خلال دقائق معدودة مضاعفة قطع DNA الآلاف المرات .

DNA معاد الاتحاد

* **DNA معاد الاتحاد :** إدخال جزء من DNA الخاص بكائن حي إلى خلايا كائن حي آخر .

* يتخيل بعض العلماء أنه قد يأتي الوقت الذي يمكن فيه إدخال نسخ من جينات طبيعية إلى بعض الأفراد المصابة بعض جيناتهم بالعطب وبذلك نزيل عنهم المعاناة ونعفيهم من الاستخدام المستمر للعقاقير لعلاج النقص الوراثي .

* قد تكون هذه التكنولوجيا خطيرة جدًا لو استخدمت لتحقيق أغراض أخرى وهناك العديد ممن يعارضون بشدة استمرار البحث في هذا المجال .

التطبيقات العملية لتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد

أ – **في مجال الطب** :

إنتاج بروتينات مفيدة على نطاق تجارى ، مثل :

١ – إنتاج هرمون الإنسولين البشري (لعلاج مرضى السكر) :

* في عام ١٩٨٢ رخصت الولايات المتحدة الأمريكية استخدام أول بروتين يتم إنتاجه بتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد وهو هرمون الإنسولين البشرى الذي يحتاجه يوميًا ملايين البشر المصابين بمرض السكر .

* يتم إنتاج الإنسولين بزراعة الجين الخاص به مع البلازميد داخل خلية بكتيرية فتصبح البكتيريا منتجة للإنسولين .

* بالرغم من أن الإنسولين البشري الذي تنتجه البكتيريا مازال مرتفع التكلفة إلا أنه أفضل لبعض المرضى الذين لا يتحملون الفروق الطفيفة بين الإنسولين البشرى و إنسولين الأنواع الأخرى ، ومع تحسن طرق الإنتاج فإن الإنسولين البكتيري قد يصير أقل تكلفة .

لاحظ :

وكان يتم استخلاص الإنسولين قبل ذلك من بنكرياس المواشي والخنازير وهذه العملية طويلة ومرتفعة التكلفة .

٢ – **إنتاج الإنترفيرونات :**

* **الإنترفيرونات البشرية :** وهى بروتينات توقف تضاعف الفيروسات (على الأخص التي يكون محتواها الجيني من RNA مثل فيروس الأنفلونزا وشلل الأطفال) .

* في داخل جسم الإنسان تبنى الإنترفيرونات وتنطلق من الخلايا المصابة بالفيروس وتعمل على وقاية الخلايا المجاورة من مهاجمة الفيروس .

* كان الإنترفيرون المستخدم في الطب حتى عام ١٩٧٠ يستخلص بصعوبة من الخلايا البشرية ولذلك كان نادر الوجود ومرتفع الثمن .

* تمكن الباحثون في مصانع الأدوية في الثمانينات من إدخال ١٥ جيناً بشريًا للإنترفيرون إلى داخل خلايا بكتيرية وبذلك أصبح الإنترفيرون الآن وفيرًا ورخيص الثمن نسبيًا .

* الدراسات المبدئية لاستخدام الإنترفيرون في علاج السرطان كانت مخيبةً للآمال وذلك قد يرجع ذلك إلى مشاكل تقنية قد يمكن التغلب عليها فيما بعد .

ب – **في مجال الزراعة** :

* قد يتمكن الباحثون الزراعيون في القريب العاجل من :

١ – إدخال جينات مقاومة للمبيدات العشبية ومقاومة لبعض الأمراض الهامة في نباتات المحاصيل .

٢ – عزل ونقل الجينات الموجودة في النباتات البقولية والتي تمكنها من استضافة البكتيريا القادرة على تثبيت النيتروجين الجوى في جذورها وإذا أمكن زرع تلك الجينات في نباتات محاصيل أخرى لا تستطيع استيعاب هذه البكتيريا لأمكن الاستغناء عن إضافة الأسمدة النيتروجينية عالية التكلفة والتي تسهم بقدر كبير في تلويث الماء في المناطق الزراعية .

ج – **في مجال التجارب و الأبحاث** :

* قد تمكن بعض الباحثين من :

١ – زرع جين صفة لون الياقوت الأحمر للعيون من سلالة من ذباب الفاكهة في خلايا مقرر لها أن تكون أعضاء تكاثرية لجنين من سلالة أخرى وعند نمو الجنين أنتج أفرادًا لها عيون ذات لون الياقوت الأحمر بدلاً من اللون البني .

٢ – إدخال جين هرمون نمو من فأر من النوع الكبير أو من الإنسان إلى فئران من النوع الصغير فنمت هذه الفئران الصغيرة إلى ضعف حجمها الطبيعي ، و انتقلت هذه الصفة إلى الأجيال التالية .

مخاطر DNA معاد الاتحاد

* على الرغم من أهمية DNA معاد الاتحاد في مجالات عديدة إلا أن له مخاطر كثيرة (علل) لأنه قد يتم إدخال جين مسئول عن إنتاج مادة سامة خطرة داخل خلية بكتيرية و إطلاقها في العالم .

* يعتقد أن احتمال حدوث ذلك ضئيل جدًا وذلك لأن البكتيريا المستخدمة في تجارب DNA معاد الاتحاد هي E-Coli التي تعيش في أمعاء الإنسان و السلالة المستخدمة في التجارب لم تعش في داخل جسم الإنسان لعدة آلاف من الأجيال وقد تغيرت هذه البكتيريا بحيث أصبحت غير قادرة على الحياة إلا في منازلها من أنابيب الاختبار.

الجينوم البشرى

* في الخمسينيات من القرن الماضي كان أفضل اكتشاف بيولوجي هو إثبات واطسون وكريك عام ١٩٥٣ أن الجينات عبارة عن لولب مزدوج من الحمض النووي DNA ، بعدها بدأ العلماء في البحث عن الجينات وتوالت الاكتشافات .

* وظهرت فكرة الجينيوم ففي عام ١٩٨٠ و كان عدد الجينات البشرية التي تعرف عليها العلماء حوالي ٤٥٠ جيناً وفي منتصف الثمانينات تضاعف العدد ثلاث مرات ليصل إلى ١٥٠٠ جيناً بعض هذه الجينات كانت المسببة لزيادة الكولسترول في الدم (أحد أسباب مرض القلب) وبعضها يمهد للإصابة بالأمراض السرطانية .

* وتوصل العلماء إلى أن هناك ما بين ٦٠-٨٠ ألف جين في الإنسان موجودة على ثلاثة وعشرين زوجًا من الكروموسومات .

* **الجينوم البشري :** المجموعة الكاملة للجينات .

- تم اكتشاف أكثر من نصف هذه الجينات حتى الآن .

* ترتب الكروموسومات **حسب حجمها** من رقم (١) إلى رقم (٢٣) ولا يخضع الكروموسوم (X) لهذا الترتيب فهو يلي الكروموسوم السابع في الحجم ولكنه يرتب في نهاية الكروموسومات ويحمل رقم (٢٣) .

* ومن الجينات التي تم تحديدها على سبيل المثال :

الجين	جين البصمة	جينات فصائل الدم	- الجين المسئول عن تكوين الأنسولين - الجين المسئول عن تكوين الهيموجلوبين	- جين العمى اللوني - جين الهيموفيليا (سيولة الدم)
موضعه	الكروموسوم الثامن	الكروموسوم التاسع	الكروموسوم الحادي عشر	الكروموسوم (X)

* **الاستفادة من الجينيوم البشرى :**

١- معرفة الجينات المسببة للأمراض الوراثية الشائعة والنادرة.

٢- معرفة الجينات المسببة لعجز الأعضاء عن أداء وظائف الجسم.

٣- الاستفادة من الجينيوم البشرى في المستقبل في مجال صناعة العقاقير والوصول إلى عقاقير بلا آثار جانبية.

٤- دراسة تطور الكائنات الحية من خلال مقارنة الجينيوم البشرى بغيره من جينات الكائنات الحية الأخرى.

٥- تحسين النسل من خلال تعرف الجينات المرضية في الجنين قبل ولادته والعمل على تعديلها

٦- تحديد خصائص وصفات أي إنسان يعيش على الأرض من خلال خلية جسدية أو حيوان منوي ، فيمكن من خلال الجينيوم البشري أن نرسم صورة لكل شخص بكل ملامح وجه .

---

* **عدد النيوكليوتيدات = عدد القواعد النيتروجينية = عدد الكودونات × ٣ = (عدد الأحماض الأمينية × ٣) + ٣ .**

* عدد الكودونات = عدد الأحماض الأمينية + ١ = عدد النيوكليوتيدات ÷ ٣

* عدد الأحماض الأمينية = عدد الكودونات - ١ = (عدد النيوكليوتيدات - ٣) ÷ ٣

* عدد جزيئات t-RNA = عدد الأحماض الأمينية = عدد الكودونات كلها ما عدا **كودون الوقف** .

* **عدد أنواع t-RNA = عدد أنواع الأحماض الأمينية = عدد الكودونات (ماعدا المكرر و كودون الوقف)**

* عدد اللفات = عدد النيوكليوتيدات في الشريطين ÷ ٢٠ = عدد النيوكليوتيدات في الشريط الواحد ÷ ١٠

* C + T = ٥٠ % ، A + G = ٥٠ %